

ISPEC

Journal of Agricultural Sciences
Tarım Bilimleri Dergisi

CILT / VOLUME : 9

SAYI / ISSUE: 1

YIL / YEAR: 2025



**İktisadi Kalkınma ve
Sosyal Araştırmalar Enstitüsü**

The Institute of Economic
Development and Social Research



**Journal of
Agricultural Sciences**
Tarım Bilimleri Dergisi

YIL-YEAR
2025

CİLT-VOLUME
9

SAYI-ISSUE
1

BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

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

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

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

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

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

İstatistik Editörü / Statistics Editor

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

Yayın ve Mizanpaj Editörü / Editorial Review and Layout

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

Dizin Editörü / Index Editor

Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT / Prof. Dr. Tamer ERYİĞİT

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim,
TÜRKİYE

Van Yuzuncu Yıl University, Gevas Vocational School, Plant and Animal Production,
TÜRKİYE

ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Mahmut KAPLAN / Prof. Dr. Mahmut KAPLAN

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çayır-Mera ve Yem Bitkileri
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Meadow-Rangeland
and Forage Crops Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Ercan CEYHAN / Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tahıllar ve Yemelik
Baklagiller Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Grains and Legumes
Program, 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. Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL / Prof. Dr. Melekber SULUSOĞLU DURUL

Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Meyve Yetiştirme ve Islahı
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Kocaeli University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Fruit Growing and
Breeding Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK / Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilim ve Bitki Besleme
Bölümü, TÜRKİYE
Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and
Plant Nutrition, TÜRKİYE

Doç. Dr. Ecem AKAN / Assoc. Prof. Dr. Ecem AKAN
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, TÜRKİYE
Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Dairy Technology,
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

Prof. Dr. Nurhan KESKİN / Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bağ Yetiştirme ve
Islahı Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Grapevine
Growing and Breeding Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Semra DEMİR / Prof. Dr. Semra DEMİR
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim
Dalı, TÜRKİYE
Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection,
Phytopathology Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. M. Fırat BARAN / Prof. Dr. M. Fırat BARAN
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tarımsal Makine
Sistemleri Anabilim Dalı, TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Agricultural
Machinery Systems Program, TÜRKİYE

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

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

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

Doç. Dr. Gülsah CALISKAN KOC / Assoc. Prof. Dr.

Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, TÜRKİYE
Usak University, Eşme Vocational School, Department of Food Processing, TÜRKİYE

Doç. Dr. Necati ÇETİN / Assoc. Prof. Dr. Necati CETIN

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE

Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, 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

Doç. Dr. Zuhâl KARAKAYACI / Assoc. Prof. Dr. Zuhâl KARAKAYACI

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Farm Management Program, TÜRKİYE

Doç. Dr. Özge SÜFER / Assoc. Prof. Dr. Ozge SUFER

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Food Engineering, TÜRKİYE

Prof. Dr. Hakan İNCİ / Prof. Dr. Hakan İNCİ

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Bingol University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Sciences, Animal Breeding Department Program, TÜRKİYE

Prof. Dr. Behçet İNAL / 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

Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği
Anabilim Dalı, TÜRKİYE

Kırıkkale University, Faculty of Veterinary, Department of Animal Health Economics and
Management, 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

Prof. Dr. Teodor RUSU

University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, ROMANIA

Prof. Dr. Zubair ASLAM

University of Agriculture, Department of Agronomy, Faisalabad, PAKISTAN

Assoc. Prof. Dr. Zohra ARABI

Ibn Khaldoun University of Tiaret, Faculty of Natural Sciences and Life, Department of
Nutrition and Agro-Food Technologies, ALGERIA

Dr. Mohammad FAIZAN

Maulana Azad National Urdu Universit, School of Sciences, Botany Section, Hyderabad-
INDIA

Dr. Olfa ELLOUMI

University of Sfax, Institution of Agricultural Research and Higher Education, TUNISIA

Prof. Dr. Mohammad KAVEH

Knowledge University, Department of Petroleum Engineering, Erbil-IRAQ

Dr. Nurdana SALYBEKOVA

Ahmet Yesevi University, Faculty of Science, Department of Biology, KAZAKHSTAN

Assoc. Prof. Dr. Marcelo CARVALHO MINHOTO TEIXERIA FILHO

São Paulo State University, Department of Plant Health, Rural Engineering and Soil Science,
São Paulo, BRAZIL

Prof. Dr. Heba H. SALAMA

National Research Center, Cairo, EGYPT

Dr. Gani ISSAYEV

Ahmet Yesevi University, Faculty of Science, Department of Biology, KAZAKHSTAN

Dr. Ravi PANDISELVAM

ICAR–Central Plantation Crops Research Institute, Physiology, Biochemistry and Post
Harvest Technology Division, Kasaragod, INDIA

Prof. Dr. Valeria BIANCIOTTO

University of Turin, Institute of Plant Sustainable Production, Turin, ITALY

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

Prof. Dr. Loretta Giuseppina PACE

University of L'Aquila, Department of Health and Environmental Sciences, L'Aquila, ITALY

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

Prof. Dr. Ramazan MAMMADOV

University of Odlar Yurdu, Faculty of Nature and Technology, Department of Biology and Ecology, Baku, AZERBAIJAN

Prof. Dr. Ewa ROPELEWSKA

The National Institute of Horticultural Research, Fruit and Vegetable Storage and Processing Department, Skierniewice, POLAND

Prof. Dr. Zaur HASANOV

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

ÜRÜN BİLGİSİ / PRODUCT INFORMATION

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

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

Yayımlayan / Publisher	IKSAD / IKSAD
Yayın Dili / Language	Türkçe-İngilizce / Turkish-English
Basım Tarihi / Date of Publication	03/01/2025
Yayın Aralığı / Frequency	Yılda dört kez (Mart-Haziran-Eylül-Aralık) yayınlanır. Published four times a year (March-June- September December)

Tarandığı İndeksler / Indexed and
Abstracted in



The Effects of Soil and Foliar Humic + Fulvic Acid Applications on Yield and Yield Components of Cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) Selçuk ACEMOĞLU, Hasan HALİLOĞLU.....	1
Determination of Silage Quality of Some Sorghum Genotypes under Eskişehir Ecological Conditions Halil İbrahim ERKOVAN, Şule ERKOVAN.....	13
Determination of Efficacy of Some Fungicides Against <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> Species Causing Economic Losses in Plants Berfin KILINÇ, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR, Murat DİKİLİTAŞ.....	22
The Effect of Salinity Stress on the Germination and Early Growth Parameters of Selected Ryegrass Species Şükrü Sezgi ÖZKAN, Esra ÇETİNKAYA ÖZKAN.....	36
Effect of Inoculation Methods on Pathological Changes in Tomato (<i>Solanum lycopersici</i> Mill.) Plants Inoculated with <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> [(Penz.) Crous & Slippers] Berfin KILINÇ, Murat DİKİLİTAŞ, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR.....	48
Characterization of Insecticidal Proteins Produced by <i>Bacillus</i> spp. Strains Isolated from Agricultural Fields by Field Emission Scanning Electron Microscopy Uğur AZİZOĞLU.....	65
Prediction of Moisture Content in Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>) Dried Using Machine Learning Approaches Halil Nusret BULUS, Soner CELEN.....	74
Determination of Nutrition Status of Leaf and Soil Samples of Olive Trees in Reyhanlı District of Hatay Ahmet PİLATİN, Kerim Mesut ÇİMRİN.....	89
Effects Of Stubble Burning on Selected Physical and Chemical Properties in Alkaline Agricultural Soil Mustafa DEMİR, Erdihan TUNÇ, Ömer ÇELİK, Nevzat ASLAN.....	107
The Effects of Prechilling, Chemical and Physical Scarification and Preheating Shock on Seed Germination in <i>Capparis spinosa</i> Solmaz NAJAFI, Sebahattin ÖZCAN, Mehdi TAJBAKHSH.....	118
Investigation of the Effects of Different Humic Acid Applications on Seedling Development of Rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.) Under Salt Stress Aynur BİLMEZ ÖZÇINAR.....	129
Evaluation of Morphological Characteristics of Different Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) Genotypes that Can Grow in Muş Conditions with Different Analysis Methods Nurettin BARAN.....	139

Evaluation of Phenological and Pomological Characteristics of Walnut Cultivars in the Ecology of Tavas (Denizli) Levent KIRCA.....	152
Field and In-Vitro Studies on the Use of Low Glyphosate doses for Broomrape Control in Tobacco Süleyman Gürdal TÜRKSEVEN.....	165
The Influence of PEG-Induced Drought Stress on Seed Germination and Seedling Growth Traits of Tetraploid Annual Ryegrass Cultivars Şükrü Sezgi ÖZKAN, Kaan LEVENT.....	177
Characterization and Investigation of Antifungal Activity of Endophytic Bacteria Isolated from Lavender (<i>Lavandula angustifolia</i>) Plant İnci GÜLER GÜNEY, Mehmet Ata KESKE.....	190
Effects of Different Cultivation Systems and Fruit Parts on Mineral Composition: a Case Study on Kumquat Kerem MERTOĞLU, İlknur ESKİMEZ, Fatma Nur ŞENLİK, Veli UYGUR.....	203
The Effect of Irrigation in the Different Development Periods on Yield and Yield Components in Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Halil MARAŞ, Belgin COŞGE ŞENKAL.....	212
Analysis of the Composition and Contaminants in Packaged Mixed Herbal Tea Blends from Aydın Province Muhyettin ŞENTÜRK, Tülay AŞKIN ÇELİK, Özlem Sultan ASLANTÜRK.....	222
Effects of Postharvest Salicylic Acid and Chitosan Applications on Storage Performance and Fruit Quality in 0900 Ziraat Cherry Cultivar Fırat İŞLEK, Atilla ÇAKIR.....	234
Evaluation of Tolerance of Trans Chromosomal Primary Tritopyrum Lines to NaCl Salinity for Germination and Seedling Emergence Gülizar PINAR, Khalid Mahmood KHAVAR, Hossein Shahsavand HASSANI, Ayten SALANTUR, Cuma KARAOĞLU, Mine ERTEM.....	246
Examining the Level of Knowledge of Partners on Cooperatives and Cooperative-Partner Relations: The Case of Edirne Province Agricultural Development Cooperative and Irrigation Cooperative Osman Doğan BULUT.....	252
Efficacy of Trap Types on the Attractiveness of <i>Kermania pistaciella</i> Amsel, 1964 (Lepidoptera: Tineidae) Halil DİLMEN, Cevdet KAPLAN.....	268
Determination of the Effects of Different Potassium Application Doses on Yield and Quality Parameters of Wheat (<i>Triticum</i> spp.) Suat DAŞKIN, Aydın ALP.....	277

Comparison of Survival of Black Alaca Calves Raised in Different Regions of Türkiye
Muzaffer ÇEVİK, Seyrani KONCAGÜL.....290

Detection and Pathogenicity of Fusarium proliferatum Causing Wilt in Cotton in Sanliurfa Province
Ayşin BİLGİLİ.....304



The Effects of Soil and Foliar Humic + Fulvic Acid Applications on Yield and Yield Components of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Selçuk ACEMOĞLU¹, Hasan HALİLOĞLU^{2*}

¹ Harran University, Institute of Science, Department of Field Crops, Sanlıurfa

² Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Sanlıurfa

*Corresponding author: haliloglu@harran.edu.tr

Abstract

The study was carried out to determine the effects of soil and foliar humic+fulvic acid applications on yield and yield components of cotton. The experiment was laid out in randomized block design with three replications. Stoneville-468 cotton cultivar and humic+fulvic acid were used as the materials of the experiment. The main plots consisted of soil applications (0, 1000, 2000 and 3000 g ha⁻¹ humic+fulvic acid), and the sub-plots were foliar applications (0, 12.5, 25 and 37.5 kg ha⁻¹ humic+fulvic acid). The highest seed cotton yield, seed cotton weight per boll, ginning outturn and lint index were obtained in 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar treatment. The highest number of sympodial branches was obtained in 1000 g ha⁻¹ soil×125 g ha⁻¹ of foliar treatment. The highest seed index was recorded in 2000 g ha⁻¹ soil×375 g ha⁻¹ foliar treatment. The highest number of bolls per plant was obtained in 1000 g ha⁻¹ soil application. The results concluded that humic+fulvic acid application had no significant effect on earliness ratio. The number of monopodial branches and plant height in humic + fulvic acid applications were lower compared to the control treatment. The number of bolls per plant increased with humic+fulvic acid applications. The results indicated that recommended only for soil application is 2000 g ha⁻¹, only for foliar application is 125 g ha⁻¹, and both for soil and foliar application is 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar.

Research Article

Article History

Received :15.08.2024
Accepted :25.09.2024

Keywords

Cotton
humic acid
soil application
foliar application
seed cotton yield

1. Introduction

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), which is the main source of natural fiber, is a culture plant with a very high economic value with its oil and pulp obtained from the seeds and other by-products. Cottonseed contains hull and kernel. The hull produces fibre and linters. The kernel contains oil, protein, carbohydrate and other constituents such as vitamins, minerals, lecithin, sterols etc. Its seeds also contains 20-25% protein (Agarwal et al., 2003).

The fiber cotton production of the world in 2022/2023 season is estimated to be 24.8 million tons in 31.4 million ha area, the consumption is 25.9 million tons and the world fiber cotton import is around 9.09 million tons. The cotton production of Turkey in 2022/2023 was 925 thousand of MT, while it was 825 thousand of MT in 2021/2022 (USDA, 2023).

Turkey ranks 9th in the world in cotton acreage and 7th in the amount of production. However, Turkey ranks 3rd in fiber yield per unit area after China and Australia (USDA, 2023).

Low organic matter content of soils in Turkey and rapid decrease of organic matter under changing climate conditions increased the mineral fertilizer consumption in agricultural production. However, no matter how much mineral fertilizers are used at the end of a certain period, the producers will not be able to obtain sufficient yield, and the soils will face with the threat of desertification.

The fertility of a soil is determined by the availability of plant nutrients in that soil. The amount and availability of plant nutrients are closely related to the organic matter content of a soil. Many organic resources are used to increase the organic matter content of soils.

The low yield and quality in crop production are highly associated with the low productivity potential of soils, and are the most important reasons low income of producers. Improving the productivity potentials of soils by increasing the organic matter content will improve soil quality and help to solve the low productivity problem. Therefore, plant and animal residues such as farmyard manure, crop

residues, green manure, compost and leonardite should be used intensively in agricultural lands (Maticic et al., 2024). Application of sufficient organic fertilizers to all agricultural fields is not possible, however, fertility potential of soils can be increased by application of humic and fulvic acids, which are active fractions of organic matter and humus, in much less amount than the organic fertilizers. Positive effect of organic fertilizers on soil properties is related to organic compounds released by the decomposition and breakdown through microorganisms and humus consisting of humic and fulvic acids. Therefore, the application of humic matter increases the soil fertility and positively affects the availability of plant nutrients (Stevenson, 1994).

HAs are polyelectrolytic macromolecular compounds originating from chemical and biological degradation of plant and animal residues, and microbial cells (Hayes and Wilson, 1997).

Humic acid improves seed germination, root development, proliferation of soil microorganisms and decomposition of stubble for a short time, and increase water holding capacity of light textured soils. In addition, humic acid facilitates uptakes of plant nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, iron and zinc, improves the structure of heavy clay soils, prevents salt accumulation in soils and has positive effects on the aeration of soils.

The need for organic additives containing humic acid, which directly and indirectly enhances plant growth and improves soil conditions, is continuously increasing. Organic fertilizers with humic acid content as well as rich organic colloidal minerals are used in many areas such as soil improvement, cleaning the soil polluted by industrial wastes, removing disturbing odors, animal feed additive, air and water filter systems (Saglam et al., 2012).

Humic substances act as a buffer in a wide pH range in soils and improves availability of many micronutrients to plants (Chen et al., 2001).

Cotton is intensively cultivated in Turkey, while the organic matter content in most of the cotton fields is very low. Therefore, humic acid is applied to promote plant growth and increase crop yield. Contradicting results have been reported in humic acid application studies carried out in different parts of the world. Basbag (2008) reported an increase in plant height, earliness ratio, boll number, seed cotton yield under different humic acid applications. In another study carried out by Haroon and Muhammad (2010) showed that 0.5, 1 and 2 kg ha⁻¹ humic acid applications increased the cotton yield by 10.5, 15.6 and 13.5%, respectively. Similarly, other studies reported that application of humic acid increased plant height and number of sympodial branches (Seadh et al. 2012), and plant height, number of sympodial branches, number of boll, boll weight, seed index and seed cotton yield (Abou-Zaid et al. 2013). Ahmed et al. (2013) obtained higher number of bolls and seed cotton yield with foliar humic acid applications and Rady et al. (2016) reported positive effects on growth, yield, fiber quality and water use efficiency under salt stress in humic acid applications. The findings of Tarhan and Karademir (2019) who reported an increase in seed cotton yield, number of boll and seed cotton weight per boll with humic acid applications, are in accordance with the others. In contrast to aforementioned positive effects of humic acid application on cotton yield and yield related characteristics, Temiz et al. (2009) reported that humic acid applications had no significant effect on ginning outturn and seed cotton yield. Similarly, Basbag (2008) did not obtain any effect on lint yield, and Tarhan and Karademir (2019) did not report positive effect of humic acid applications on plant height, number of monopodial branches, seed index and earliness ratio. Moosavi (2020) reported that humic acid applications increased seed cotton yield, plant height and number of sympodial branches, and the use of mycorrhiza and humic acid reduced

the negative effects of water stress, especially under moderate stress conditions.

This study was carried out to investigate the effects of soil and foliar humic acid applications on yield and yield components of cotton and to assist future studies which will be carried out on humic acid applications on cotton.

2. Materials and Methods

The experiment was conducted in Doğrular village of Hilvan district, Şanlıurfa province, Türkiye in 2014 cotton growing season. The lay out of the experiment was split plots in randomized blocks with 3 replications. Stoneville-468 which is the commonly cultivated cotton variety in the region (MAY, 2021) was used as plant material and humic+fulvic acid (trade name K-Humate), raw material of which is leonardite, was used as organic soil conditioner (HEKTAŞ, 2021).

The application doses to soil constituted the main plot (0, 1000, 2000, 3000 g ha⁻¹), and the foliar application doses constituted the sub plots (0, 125, 250, 375 g ha⁻¹). The amount of water to be used in each plot was determined using a back atomizer and the amount was calibrated, accordingly. Water was applied to the control plots, and the calculated humic acid was applied to soil surface of other plots with a back pump. Immediately after the applications, soil surface in each plot was mixed with a hand harrow. Foliar applications were carried out with a back pump after 19:00 p.m. in the evening when the weather was cooler. Water was sprayed on the leaves of plants in the control plots.

The properties of organic soil conditioner used as a humic + fulvic acid source are given in Table 1.

The experimental site had a clayey texture, soil pH was 7.83 and organic matter content was 0.90% (Table 2) (Anonymous, 2014).

Table 1. Composition of organic soil conditioner used in the experiments*

Content	(% w/w)
Total Organic Matter	30
Total Humic + Fulvic Acid	60
Water soluble K ₂ O	15
Moisture	20
pH	9-11

*(Hektaş, 2014)

Table 2. Some soil properties of the experimental field*

Depth (cm)	Organic matter (%)	Total salt (%)	pH	Lime (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)
0-20	0.90	0.008	7.83	8.4	5.6	121

*(Anonymous, 2014)

Sanliurfa province is located in the Southeastern Anatolia climate zone, while the influence of Mediterranean climate is partially observed. The climate is hot and dry in summers and mild in winters. Dogrular village is located at 76 km to Sanliurfa province and 21 km to Hilvan district. The effects of Mediterranean and continental climates are observed in the study area. The summers are hot and dry, and winters are generally cold and rainy due to the continental climate.

The average temperature during the cotton growth period in the experiment (March-November 2014) varied between 11.1 and 31.4 °C, and the long-term average is between 9.1 and 30.5 °C. The highest temperatures during the experiment were between 20.7 and 41.5 °C, while the long-term averages are between 15.6 and 38.1 °C. The lowest temperatures during the experiment were between 8.2 and 29.3 °C and the long-term averages were between 3.1 and 20.8 °C. The average precipitations during the experiment were between 0.3 and 89.5 mm, and the long-term averages were between 0.4 and 63.8 mm. Average relative humidity values during the experiment varied between 25.4 and 50.9% and the long-term averages between 32.5 and 61.7%. The soil temperatures at 5 cm during the experiment were 9.7 and 35.6 °C, and the long-term average temperatures were 9.4 and 28.2 °C (TSMS, 2014).

The experimental area was tilled at a depth of 25-30 cm in autumn with a plow. Before planting, the clods were broken pieces with a disc harrow and then the field was made ready for planting with the roller. Seeds were planted on May 6, 2014 with a pneumatic seed drill in 4 rows with a row length of 12 m. Inter-row spacing at planting was 70 cm and intra-row spacing was 15 cm. Three meter of space was left between the blocks to carry out the maintenance easily. During the experiment, 2 times hand hoes and 2 times machine hoes were carried out depending on the growth state and weed density of the plants. Considering the demands of cotton plants fertilizers at a rate of 160 kg N ha⁻¹ and 132 kg P ha⁻¹ were applied. At planting 54 kg N ha⁻¹ and all of phosphorus (300 kg ha⁻¹ diammonium phosphate (18 N-46 P₂O₅) were applied. The remaining nitrogen was divided two and 52 kg N ha⁻¹ (200 kg ha⁻¹ calcium ammonium nitrate, 26% N) applied right before the 1st irrigation (19.06.2014) and the 54 kg N ha⁻¹ was applied (117.4 kg ha⁻¹ Urea, 46% N) before the 2nd irrigation (26.06.2014). Initial two irrigations were carried out with the sprinkler irrigation system and then the drip irrigation system was established. The drip irrigation was used 6 times based on the need of cotton plants. Total of 800 mm of water was applied during the growing period in 8 irrigations.



Figure 1. Experimental area

The maintenance during the growth period was performed based on the cultural practices in the region. One meter from the beginning and end of the plots was left as side effect, and the middle 2 rows were harvested ($10 \text{ m} \times 1.4 \text{ m} = 14.0 \text{ m}^2$). The first harvest was carried out when 50% of bolls opened (12.10.2014), and the second harvest was made 19 days after the first harvest (31.10.2014). The plant properties examined were determined with the methods specified by Worley et al. (1976), and the fiber quality properties were determined using a HVI 1000 instrument (USTER, 2014).

The data obtained were subjected to variance analysis according to the split plots in randomized blocks experimental design using the MINITAB® 18.1 software, and the mean values were grouped using the Tukey-HSD test.

3. Results and Discussion

The effects of soil and foliar humic + fulvic acid applications and soil \times foliar humic + fulvic acid interactions on cotton yield, number of boll, number of monopodial branches, number of sympodial branches, plant height, seed cotton weight per boll, lint yield, 100 seed weight and fiber index were statistically significant ($p < 0.01$), while the effects on earliness ratio was not statistically significant.

3.1. Seed cotton yield (kg ha^{-1})

The highest cotton yield was obtained in 2000 g ha^{-1} ($4886.16 \text{ kg ha}^{-1}$) soil humic+fulvic

acid application, 125 g ha^{-1} ($4431.40 \text{ kg ha}^{-1}$) foliar application and 2000 g ha^{-1} soil \times 250 g ha^{-1} foliar humic+fulvic acid interaction ($5334.33 \text{ kg ha}^{-1}$) (Table 3). The results indicated that both soil and foliar humic+fulvic acid applications increased the seed cotton yield compared to the control. Humic acid not only supports root growth, but also increases the nutrient and water uptake of plants by stimulating the H^+ -ATPase enzyme activity of the stem cells (Olaetxea et al., 2019). The results revealed that the amount and quality of cotton were increased in parallel with the use of humic acid. The higher yields in humic acid applications compared to control plots supports the aforementioned situation. The results indicated that soil application at 2000 g ha^{-1} or foliar application at 125 g ha^{-1} , or combination of 2000 g ha^{-1} soil + 250 g ha^{-1} foliar humic + fulvic acid application (interaction) can be recommended to obtain high cotton yield. Positive effect of humic+fulvic acid application on seed cotton yield has been reported by Dileep (1999), Atak et al. (2004), Oren (2007), Basbag (2008), Haroon and Muhammad (2010), Kaptan and Aydın (2012), Abou-Zaid et al. (2013), Ahmed et al. (2013), Almaca and Nacar (2013), Rady et al. (2016) and Moosavi (2020). On the contrary, Temiz et al. (2009) stated that humic + fulvic acid applications had no effect on seed cotton yield.

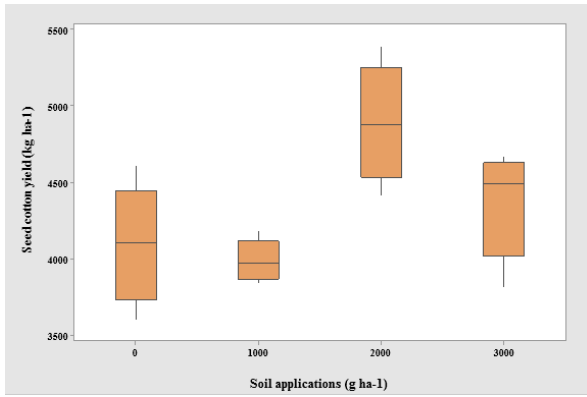


Figure 2a. Soil humic acid applications (kg ha⁻¹)

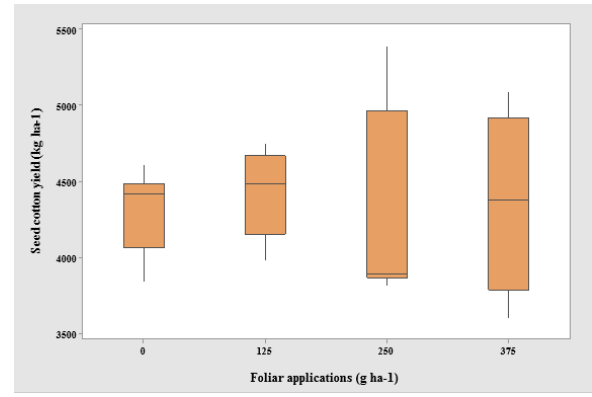


Figure 2b. Foliar humic acid applications (kg ha⁻¹)

3.2. Earliness ratio (%)

Soil and foliar humic+fulvic acid applications and soil×foliar humic+fulvic acid interactions had no statistically significant effect on earliness ratio (Table 3). The result reveals that humic+fulvic acid applications have no effect on earliness ratio of cotton. Early maturity or early ripening in cotton is defined as the short vegetation period of a cultivated variety or maturation of the variety earlier than the regular harvest period of the region. Early maturation can vary depending on genetic characteristics, cultural practices and environmental stress factors. Early maturity is the end result of several growth and fruiting processes, or components, which are interrelated, and which presumably can be manipulated separately in the breeding process. The early cotton is harvested earlier, thus, the risk of early rainfalls in autumn will be low, which allows a cleaner cotton collection. The result which indicated no significant effect on cotton earliness of humic+fulvic acid applications is in accordance with the findings of Oren (2007), Basbag (2008) and Abou-Zaid et al. (2013).

3.3. Monopodial branches (no plant⁻¹)

The highest number of monopodial branches at humic+fulvic acid application doses obtained in control plots (2.04 to 2.13 no.

plant⁻¹). The number of monopodial branches is related to characteristics of a variety, however, excessive irrigation and fertilizer applications, wide interrow spacing and sparse planting increase the development of monopodial branches (Table 3). Damaging the crown bud further increases the development of branches. An average of 1 to 4 monopodial branches occurs in a cotton plant, and rarely, the number of monopodial branches can reach between 6 and 8. The number of monopodial branches in late developing varieties is higher than in early developing varieties. In early developing varieties, the number of monopodial branches is usually 1 or 2. However, higher number of monopodial branches is not desired in cotton cultivation due to low number of bolls and delay in maturation. In addition, the fiber yield and fiber properties of the bolls formed in the monopodial branches remain low when a cotton plant produces higher number of monopodial branches. The number of monopodial branches decreased in foliar humic+fulvic acid applications, especially at 375 g ha⁻¹ treatment. In addition, the number of monopodial branches in the control plots was higher compared to the interactions, which shows that the humic+fulvic acid applications reduce the number of monopodial branches (Table 3).

Table 3. Means and groups of main (Soil Applications), sub variables (Foliar Applications) and interactions (SAxFA) for seed cotton yield (kg ha⁻¹), earliness ratio (%), monopodial branches (no plant⁻¹), sympodial branches (no plant⁻¹) and number of bolls (no plant⁻¹)

Treatments	Seed cotton yield (kg ha ⁻¹)	Earliness ratio (%)	Monopodial branches (no plant ⁻¹)	Sympodial branches (no plant ⁻¹)	Number of bolls (no plant ⁻¹)	
Soil applications						
0	4108.86 c*	86.00 ^{ns}	2.13 a*	11.09 c*	13.66 b*	
1000 g	3990.92 d	86.00	2.08 ab	11.97 a	15.82 a	
2000 g	4886.16 a	86.67	1.93 c	11.82 a	15.73 a	
3000 g	4376.68 b	86.33	2.04 b	11.60 b	15.93 a	
Foliar applications						
0	4325.38 b	86.17	2.04 ab	11.71ab	15.73 a	
125 g	4431.40 a	86.17	2.07 a	11.82 a	15.58 ab	
250 g	4245.53 c	86.08	2.09 a	11.58 b	15.35 b	
375 g	4360.30 b	86.58	1.98 b	11.37 c	14.47 c	
Interactions						
0	0	4552.57 de	85.67	2.27 a	11.03 h	15.60 def
	125 g	4313.47 g	85.67	2.27 a	11.23 gh	13.07 j
	250 g	3922.60 i	86.00	2.13 abc	11.00 h	13.73 ij
	375 g	3646.80 j	86.67	1.87 ef	11.10 h	12.23 k
1000 g	0	3894.83 i	85.67	1.97 cde	12.27 ab	17.40 a
	125 g	4061.93 h	86.33	2.23 ab	12.63 a	16.73 ab
	250 g	3861.10 i	85.33	2.07bcd	11.67 def	14.97 fg
	375 g	4145.80 h	86.67	2.03 cde	11.30 fgh	14.17 hi
2000 g	0	4457.33 ef	86.67	1.97 cde	11.70 cdef	14.57 gh
	125 g	4711.30 c	86.00	1.73 f	11.73 cde	16.23 bcd
	250 g	5334.33 a	87.00	1.93 de	12.10 bc	16.33 bcd
	375 g	5041.67 b	87.00	2.07 bcd	11.73 cde	15.77 cde
3000 g	0	4396.80 fg	86.67	1.97 cde	11.83cd	15.37 ef
	125 g	4638.90 cd	86.67	2.03 cde	11.67 def	16.27 bcd
	250 g	3864.10 i	86.00	2.23 ab	11.57 d-g	16.37 bc
	375 g	4606.93 cd	86.00	1.93 de	11.33 e-h	15.70 cdef
CV %	10.55	1.11	7.68	4.00	9.10	
F Values						
SA	1113.40**	1.52 ^{ns}	25.11**	91.82**	246.89**	
FA	42.91**	0.76 ^{ns}	8.21**	23.46**	67.03**	
SA x FA	258.66**	0.94 ^{ns}	20.64**	15.56**	68.50**	

(p<0.05), ** (p<0.01), ns: non-significant

3.4. Sympodial branches (no plant⁻¹)

The highest number of sympodial branches at humic+fulvic acid application doses was obtained in 1000 and 2000 g ha⁻¹ soil (11.97 and 11.82 no plant⁻¹) and 125 g ha⁻¹ foliar (11.82 no plant⁻¹) treatments. In addition, the highest number of sympodial branches in soil×foliar interaction was obtained in 1000 g ha⁻¹ soil×125 g ha⁻¹ foliar interaction (Table 3). Monopodial branches are formed from the development of the central bud, and sympodial branches are formed from the development of the other side buds of the cotton plants. The number of sympodial branches varies between 12 and 20 depending on the genetic structure of the variety, genotype and environmental

conditions. The first sympodial branch in cotton plants usually occurs on the main stem at 6th or 7th nodes. However, the place of the first branch may change depending on temperature, plant density, plant nutrition practices, stress, and genetics of the variety. In this study, the number of sympodial branches increased in humic+fulvic acid application compared to the control. Similar findings have been noted by Seadh et al. (2012), Abou-Zaid et al. (2013), Ahmed et al. (2013) and Moosavi (2020).

3.5. Number of bolls (no plant⁻¹)

The lowest number of bolls in soil humic+fulvic acid applications was obtained in the control plot (13.66 no plant⁻¹), while all

other treatments with high value were placed in the a statistical group (15.73, 15.82 and 15.93 no plant⁻¹). The highest number of bolls in foliar application doses was obtained in control plots (15.73 no plant⁻¹). In addition, the highest number of bolls in soil×foliar interaction was obtained in 1000 g ha⁻¹ soil×control foliar (17.40 no plant⁻¹) treatment and followed 1000 g ha⁻¹ soil×125 g ha⁻¹ (Table 3). The results showed that soil humic + fulvic acid applications increased the number of bolls compared to the control, while foliar applications decreased the number of bolls. High number of bolls and high weight of bolls are necessary to obtain high yield (Çeçen ve Karademir, 2021). Boll of production in cotton varies depending on the environment, variety and management practices. Cotton yield is a function of the number of bolls, boll size, and lint percentage (Worley et al., 1976; Ritchie et al., 2009). Similar findings indicating that humic + fulvic acid applications increased the number of bolls compared to control were stated by Basbag (2008).

3.6. Seed cotton weight per boll (g)

The highest seed cotton weight per boll in humic+fulvic acid applications was recorded in 2000 g ha⁻¹ soil (5.04 g) and 125 g ha⁻¹ foliar (4.99) treatments. In addition, the highest seed cotton weight per boll in soil×foliar humic+fulvic acid application interactions was obtained in 2000 g ha⁻¹ soil×125 g ha⁻¹ foliar (5.22 g) and 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar (5.13 g) interactions (Table 4). Cotton yield is calculated by multiplying the number of plants per unit area and the number of bolls per plant by the average seed cotton weight per boll. In commercial varieties, the boll weight varies between 3.0 g and 10.0 g, and the seed cotton weight per boll can be between 2.0 g and 8.0 g and an average of 4.5 to 7.0 g, depending on years, genotypes and the growth period of the bolls (Leffler and Tubertini, 1976). Similar findings indicating that humic+fulvic acid

applications increased the seed cotton weight per boll compared to control were reported by Oren (2007) and Abou-Zaid et al. (2013).

3.7. Plant height (cm)

The highest plant height was obtained in 2000 g ha⁻¹ soil (81.78 cm) and 125 g ha⁻¹ foliar (79.69 cm) humic+fulvic acid applications. In addition, the highest plant height in the interactions of soil×leaf humic+fulvic acid application interactions were obtained in control plots (Table 4). The number and the length of the internodes, which determine the plant height, are affected by agricultural, genetic and environmental factors such as soil type, moisture, nutrients, pests and diseases, as well as the variety. The main body of a cotton plant is upright, and carries true leaves and branches. The application of 2000 g ha⁻¹ humic+fulvic acid from soil and 125 g ha⁻¹ from foliar increased the plant height, while the plant height was shortened with the application of both. The findings indicating an increase in plant height with the application of humic+fulvic acid have been also reported by Atak et al. (2004), Basbag (2008), Seadh et al. (2012), Abou-Zaid et al. (2013) and Moosavi (2020).

3.8. Ginning outturn (%)

Soil humic+fulvic acid applications decreased the ginning outturn and the highest ginning outturn was obtained from the control plots (44.63%). In foliar application, the highest ginning outturn was obtained from 125 g (44.44%) and 250 g (44.54%) treatments. The highest ginning outturn in the soil×foliar humic+fulvic acid application treatments was recorded in 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar (45.60%) treatment (Table 4). Ginning outturn refers to the ratio of fiber obtained from seed cotton per unit weight. Although this feature is hereditary, it may vary depending on growing and environmental conditions.

Table 4. Means and groups of main (Soil Applications), sub variables (Foliar Applications) and interactions (SAxFA) for seed cotton weight per boll (g), plant height (cm), ginning outturn (%), seed index (g) and lint index (g)

Treatments		Seed cotton weight per boll (g)	Plant height (cm)	Ginning outturn (%)	Seed index (g)	Lint index (g)
Soil applications						
	0	4.71 c*	75.53 c*	44.63 a*	8.50 c*	6.85 b*
	1000 g	4.82 b	77.49 b	43.80 d	8.58 b	6.69 c
	2000 g	5.04 a	81.78 a	44.48 b	8.68 a	6.95 a
	3000 g	4.77 b	77.78 b	44.25 c	8.61 b	6.84 b
Foliar applications						
	0	4.80 b	77.73 b	44.14 b	8.63 a	6.82 b
	125 g	4.99 a	79.69 a	44.44 a	8.61 ab	6.88 a
	250 g	4.82 b	78.03 b	44.54 a	8.58 bc	6.90 a
	375 g	4.72 c	77.13 c	44.04 b	8.55 c	6.73 c
Interactions						
0	0	4.91 c	85.63 a	43.75 fg	8.59 cde	6.68 g
	125 g	4.67 ef	83.13 b	45.00 b	8.38g	6.86 def
	250 g	4.75 def	81.20 c	44.94 b	8.58 cde	7.00 bcd
	375 g	4.49 g	80.87 c	44.84 b	8.45 fg	6.87 def
1000 g	0	4.74 def	80.03 cd	44.02 def	8.56 def	6.73 fg
	125 g	4.94 c	78.97 de	44.03 def	8.65 cd	6.80 efg
	250 g	4.80 cde	78.93 de	43.94 efg	8.62 cd	6.76 fg
	375 g	4.80 cde	77.73 ef	43.22 h	8.48 efg	6.45 i
2000 g	0	4.84cd	77.43 ef	44.04 def	8.56 def	6.74fg
	125 g	5.22 a	77.13 fg	44.28 cd	8.62 cd	6.85 ef
	250 g	5.13 a	77.03 fg	45.60 a	8.70 bc	7.29 a
	375 g	4.96 bc	76.33 fgh	44.01 def	8.83 a	6.94 cde
3000 g	0	4.72 def	75.50 gh	44.76 b	8.79 ab	7.12 b
	125 g	5.12 ab	74.80 hi	44.44 c	8.79 ab	7.03 bc
	250 g	4.67 fg	73.57 ij	43.69 g	8.42 g	6.53 hi
	375 g	4.67 fg	72.03 j	44.09 de	8.44 fg	6.66gh
CV %		4.22	4.44	1.34	1.61	3.12
F Values						
SA		94.20**	290.98**	169.60**	39.94**	63.06**
FA		56.66**	50.95**	73.45**	8.88**	31.02**
SA x FA		27.83**	104.59**	114.56**	40.92**	68.36**

* (p<0.05), ** (p<0.01), ns: non-significant

Findings indicating that humic+fulvic acid applications did not significantly affect the ginning outturn compared to the control have been reported by Basbag (2008), Temiz et al. (2009) and Abou-Zaid et al. (2013). In contrast to our findings, Ahmed et al. (2013) reported a significant decrease in ginning outturn with the humic+fulvic acid applications.

3.9. Seed index (g)

The highest mean seed index was obtained in soil 2000 g (8.68 g), while in foliar application in control treatment (8.63 g). In addition, the highest seed index in the soil×foliar interaction (8.83 g) was recorded in the interaction of 2000 g ha⁻¹ soil and 375 g ha⁻¹ foliar treatment (Table 4). Seed weight can

vary with management practices applied and the maturation degree of a seed or environmental conditions. The seed index indicates that the seeds are mature and of good quality. The emergence rates of large seeds with low weight or low specific gravity may also be low. The seed index in cotton may vary with genotypes, species and delinting processes. The seed index in cotton varieties of the *Gossypium hirsutum* L. mostly varies between 8 and 13 g. Heavy seeds or seeds with high density both emerge from soil earlier than the light ones, total number of seedling emergence will be higher, and the seedlings will be more viable. Similar findings indicating that humic + fulvic acid application increased seed index compared to control have been

noted by Oren (2007) and Abou-Zaid et al. (2013).

3.10. Lint index (g)

The highest lint index in soil humic+fulvic acid applications was obtained from 2000 g ha⁻¹ (6.95 g) dose, and the highest lint index in foliar applications was recorded in 125 and 250 g ha⁻¹ (6.88 and 6.90 g) doses. Lint index is a measure of the number or weight of fibers on a seed (Table 4). The number of fibers on a seed is a hereditary character, however, it varies with the environmental conditions. The number of fibers on a seed varies between 3000 and 20000 depending on the species. The highest seed index in soil x foliar interactions was recorded in 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar interaction. The results revealed that humic+fulvic acid applications increase the lint index compared to the control.

4. Conclusion

Farmers use excessive amounts of chemical fertilizers to increase product quality and quantity. Excess fertilizer application degrades soil structure and causes an increase in production costs. The ability of humic+fulvic acid to chelate will prevent nutrient losses and cause a decrease in the amount of fertilizers applied. Thus, the use of humic + fulvic acid can make a great contribution to the agricultural economy. Studies conducted recently have focused on eliminating the negative effects of stress factors such as drought, salinity and toxic contents of elements, as well as the growth and development of crops using various forms of humic+fulvic acid. The studies have revealed that appropriate doses of humic+fulvic acid can be an important supporter in combating stress factors such as drought and salinity reducing crop productivity, especially when used in horticulture and field crops, and reducing the toxic effects of contaminated soils on some plants (Akinci, 2011). The results revealed that the seed cotton yield varied between 3647 and 5334 kg ha⁻¹, and except for earliness ratio, soil, foliar and soil×foliar applications had a statistically significant effect on all the properties examined. The highest seed cotton yield, seed cotton weight

per boll, ginning outturn and lint index were obtained from the interaction of 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹ foliar humic+fulvic acid application. The highest number of sympodial branches was recorded in 1000 g ha⁻¹ soil×125 g ha⁻¹ foliar humic+fulvic acid interaction, while the highest seed index was obtained from the interaction of 2000 g ha⁻¹ soil x 375 g ha⁻¹ foliar application. The results concluded that humic + fulvic acid application had no significant effect on earliness ratio. The number of monopodial branches and plant height in humic + fulvic acid applications were lower compared to the control treatment. However, the number of bolls per plant increased with humic + fulvic acid applications. The results indicated that recommended humic + fulvic acid only for soil application is 2000 g ha⁻¹, only for foliar application is 125 g ha⁻¹, and both for soil and foliar application is 2000 g ha⁻¹ soil×250 g ha⁻¹.

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 Master Thesis titled "The Effect of Humic Acid Applications on Yield and Yield Components of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)" by Selcuk Acemoğlu. In addition, the summary of this study was presented at the UGAP2018 - 1st International GAP Agriculture and Livestock Congress.

References

- Akinci, S., 2011. Humic acids, plant growth and nutrient uptake. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 23(1): 46-56.

- Abou-Zaid, M.K.M., Emara, M.A.A., Hamoda, S.A.F., 2013. Effect of humex and bio-fertilization on growth, yield and quality of cotton under calcareous soil conditions. *2nd Alexandria International Cotton Conference*. Faculty of Agriculture, Saba Basha, Alexandria University, Alexandria, April 10 -11th, 2013.
- Agarwal, D.K., Singh, P., Chakrabarty, M., Shaikh, A.J., Gayal, S.G., 2003. Cottonseed oil quality, utilization and processing. *Cicr Technical Bulletin*, No: 25. Central Institute for Cotton Research Nagpur.
- Ahmed, A.H.H., Darwish, E., Hamoda, S.A.F., Alobaidy, M.G., 2013. Effect of putrescine and humic acid on growth, yield and chemical composition of cotton plants grown under saline soil conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13(4): 479-497.
- Almaca, N.D., Nacar, A.S., 2013. The effect of liquid humic acid application on cotton yield under Harran Plain conditions. *3th National Participation Soil and Water Resources Congress*, 22-24 October, Tokat-Türkiye.
- Anonymous, 2014. Gökkan Soil Analysis Laboratory, Şanlıurfa.
- Atak, M., Kaya, M., Ciftci, C.Y., 2004. Effects of zinc and humic acid applications on yield and yield components of durum wheat (*Triticum durum* L.) *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 14(2): 49-66.
- Basbag, S., 2008. Effects of Humic Acid Application on Yield and Quality of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Chemistry*, 20(3): 1961-1966.
- Chen, Y., Magen, H., Clapp, C.E., 2001. Plant growth stimulation by humic substances and their complexes with iron. *Proceedings of International Fertiliser Society*. pp.14.
- Çeçen, V., Karademir, E., 2021. Çinko uygulamasının pamukta verim, lif kalite kriterleri ve bitki gelişimine etkisinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(3): 515-528.
- Dileep, K., 1999. Effect of humic acid on cotton. *Annals of Agricultural Research*, 20(3): 372-373.
- Haroon, R.A.K., Muhammad, D., 2010. Seed cotton yield and nutrient concentrations as influenced by lignitic coal derived humic acid in salt-affected soils. *Sarhad Journal of Agriculture*, 26(1): 43-49.
- Hayes, M.H.B., Wilson, W.R., 1997. Humic Substances, Peats and Sludges. *Royal Society of Chemistry*; Cambridge: 1997.
- Hektaş, 2021. <http://www.hektas.com.tr/DesktopDefault.aspx?TabId=316&IlacId=4901&DLListTip=1> (Date of access: 12.02.2024).
- Kaptan, M.A., Aydin, M., 2012. Effect of humic acid on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) growth and quality parameters. *Sakarya University Faculty of Arts and Science The Journal of Arts and Science*, 1: 291-299.
- Leffler, H.R., Tubertini, B.S., 1976. Development of cotton fruit II. accumulation and distribution of mineral nutrients. *Agronomy Journal*, 68(6): 858-861.
- MAY, 2021. May Seed Corporation. <https://www.may.com.tr/en/product/st-468> (Date of access: 12.02.2024).
- Maticic, M., Dugan, I., Bogunovic, I., 2024. Challenges in Sustainable Agriculture. -The Role of Organic Amendments. *Agriculture*, 14: 643.
- Moosavi, S.G., 2020. Effect of humic acid and mycorrhiza application on morphological traits and yield of cotton under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1): 121-139.
- Oren, Y., 2007. The effects of different doses of humic acid and zinc application methods on yield, yield components and fiber quality properties on cotton. Msc. Thesis, Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, p:66, Aydın
- Olaetxea, M., Mora, V., Bacaicoa, E., Baigorri, R., Garnica, M., Fuentes, M., Angel, A.M., Zamarreño, Spíchal, L., García-Mina, J.M., 2019. Root ABA and H⁺-ATPase are key players in the root and shoot growth-promoting action of humic acids. *Plant Direct*, 3:1-12.



- Rady, M.M., Abd El-Mageed, T.A., Abdurrahman, H.A., Mahdi, A.H., 2016. Humic acid application improves field performance of cotton under saline conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(2): 487-493.
- Ritchie, G.L., Whitaker, J.R., Bednarz, C.W., Hook, J.E., 2009. Subsurface drip and overhead irrigation: A comparison of plant boll distribution in upland cotton. *Agronomy Journal*, 101: 1336-1344.
- Saglam, M.T., Ozel, E.Z., Belliturk, K., 2012. The effect of two type textured soil with the leonardit organic material on the nitrogen uptaking of corn plant. *Sakarya University Faculty of Arts and Science, The Journal of Arts and Science*, 1: 381-393.
- Seadh, S.E., El-Hendi, M.H., Abd El-Aal, H.A., El-Sayed, S.O.S., 2012. Effect of NPK rates and humic acid applications on growth of Egyptian cotton. *Journal of Plant Production*, 3(8): 2287-2299.
- Stevenson, F.J., 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Tarhan, M., Karademir, E., 2019. Effect of different application methods of humic acid on cotton yield, plant growth and fiber quality. *Journal of Agriculture Nature*, 22(4): 537-546.
- Temiz, M., Karahan, E., Koca, Y.K., 2009. Effects of humic substances on cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Chemistry*, 21(3): 1983-1989.
- TSMS, 2014. Turkish State Meteorological Service. Meteorological data obtained from Hilvan Meteorological Station.
- USDA, 2023. Cotton: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture (USDA). Foreign Agricultural Service, December 2023.
- USTER, 2014. USTER® 1000 the fiber classification and analysis system. Uster Technologies AG. Sonnenbergstrasse 10 8610 Uster, Switzerland.
- Worley, S., Harmon, J.R., Harrel, H.R., Culp, D.C., 1976. Ontogenetic model of cotton yield. *Crop Science*, 16(1): 30-34.

To Cite

Acemoğlu, S., Haliloğlu, H., 2025. The Effects of Soil and Foliar Humic + Fulvic Acid Applications on Yield and Yield Components of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 1-12.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14066189>.



Determination of Silage Quality of Some Sorghum Genotypes under Eskişehir Ecological Conditions

Halil İbrahim ERKOVAN¹ , Şule ERKOVAN^{1*} 

¹ Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Eskişehir

*Corresponding author: serkovan@ogu.edu.tr

Abstract

A randomized block design was employed to determine the silage quality of some sorghum genotypes grown after wheat harvest. In the study, 10 sorghum lines (104, 12, 301, 302, 304, 32-1, 8, B305 G310, K311) and 12 registered sorghum varieties (Aldarı, Beydarı, E: Sumoc, Erdurmuş, Greengo, Gözde 80, Haybuster, Leoti, Nes, Öğretmenoğlu, Uzun, Rox) were utilized. The analysis focused on dry matter, crude protein, NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber) and ADL (Acid Detergent Lignin) content. Significant differences were identified among the lines and varieties in all the measured parameters. The results revealed that the average dry matter, crude protein, NDF, ADF and ADL percentages of the sorghum genotypes were 22.78%, 8.05%, 76.81%, 46.32% and 5.51%, respectively. Based on these findings, it is recommended that the Haybuster variety and line 301 for silage production in Eskişehir and similar ecological regions due to their high dry matter and crude protein content.

Research Article

Article History

Received :20.08.2024
Accepted :28.09.2024

Keywords

Sorghum
genotype
silage quality
crude protein

1. Introduction

Türkiye is one of the leading countries globally regarding livestock population and has a strategic position in this regard due to its natural ecology. However, it has not yet achieved the desired levels in terms of the productivity, production and quality of animal products. One of the primary reasons for this shortfall is the economic challenge of obtaining feed, which constitutes a significant portion (approximately 60-75%) of production inputs (Acar et al., 2020). Today, one of the most pressing issues in animal production is the need for high-quality roughage. Türkiye faces a 55 million-ton roughage deficit (Acar et al., 2020). While grazing on pastures is one of the most suitable and cost-effective methods to meet the need for high-quality roughage, feeding with silage during the winter months is a critical source of high-quality roughage (Ergün et al., 2016). Silage feed is an essential resource for animal nutrition, providing a substantial portion of ruminant dietary requirements (Sarıçiçek et al., 2002). In agriculturally advanced countries, silage feed is widely used and encouraged.

High-quality silage forms the foundation for producing high-value animal products. Among roughage crops, corn is the most widely grown plant for silage production. Sorghum species and hybrids have the potential to meet the demand for roughage due to their ability to produce high amounts of dry matter per unit area and their richness in water, protein and carbohydrates. These crops are widely used in animal production in many developed countries. Sorghum is more resistant to drought and high temperatures than corn (Getachew et al., 2016; Erkovan and Afacan, 2024) and produces higher yields than corn under limited irrigation conditions (Hadebe et al., 2017). Furthermore, certain sorghum varieties can be planted after corn and have the ability to regrow, allowing for a second harvest. Sorghum silage has a lower production cost than corn silage, as it requires fewer seeds, fertilizers (30% less than corn) and water (Pino and Heinrichs, 2017). Additionally, sorghum produces more biomass in arid, semi-arid and saline regions (Zhang et

al., 2016) is resistant to diseases and pests and contains a high digestible nutrient content, with approximately 69-72% starch, 9-14% crude protein, 3% crude fat, 2% crude cellulose and 1.5% crude ash (Kün, 1985). Due to these advantages, sorghum species and hybrids can serve as alternatives to corn (Çiğdem and Uzun, 2006).

Varieties of sorghum species and hybrids are cultivated for silage, green fodder, grazing and grain production, with fresh yields ranging between 3-9 tons da⁻¹ for silage production (Erkovan and Afacan, 2024). Therefore, the increasing cultivation of sorghum in Turkey and its resistance to adverse environmental conditions highlight its potential role in addressing the roughage shortage in animal nutrition. In this context, this study was conducted to evaluate the potential of different sorghum lines and varieties for silage production in Eskişehir and similar ecological regions, with varying uses.

2. Materials and Methods

The study was conducted in 2023 following the wheat harvest at the experimental fields of the Faculty of Agriculture, Eskişehir Osmangazi University. Twenty-two sorghum genotypes (8, 12, 32-1, 104, 301, 302, 304, B305, G310, K311, Aldarı, Beydarı, Öğretmenoğlu, Uzun, E: Sumoc, Erdurmuş, Gözde-80, Greengo, Haybuster, Rox, Leoti, Nes) were utilized. The soil in the experimental area was clay-loam, slightly calcareous (14.61%), slightly alkaline (pH 7.68), non-saline (0.07%), low in organic matter (1.62%), rich in potassium (168.80 kg da⁻¹) and had adequate phosphorus content (6.16 kg da⁻¹). Eskişehir has a continental climate, with an average annual precipitation of 291.7 mm. The highest monthly rainfall during the growing season was recorded in June (62.0 mm). The highest average temperatures were recorded in July (21.5 °C) and August (21.4 °C), while the lowest temperature occurred in January (-0.2 °C). Relative humidity in 2023 was 66.4%, higher than the long-term average of 61.7% (Table 1).

The experiment was arranged in a randomized block design with three

replications. Each plot measured 5 meters in length and consisted of five rows. After the wheat harvest, the plots were prepared for sowing. Sorghum seeds were manually sown in rows spaced 0.6 meters apart at a seeding rate of 2.5 kg da⁻¹ on June 15, 2023 (Açıkgoz, 1995). A base fertilizer of 2 kg of nitrogen and 5 kg of phosphorus per decare was applied. Weed control was performed manually when sorghum plants were approximately 20-25 cm tall. Following weed control, nitrogen fertilizer (ammonium sulfate) was applied at a rate of 15 kg da⁻¹. The plants were irrigated via sprinklers until the soil reached field capacity when necessary. Harvesting was performed manually using a sickle when the plants reached the dough stage, excluding the border rows and 50 cm from the plot edges (first and last rows). The harvested plants were chopped into pieces 0.5-1 cm in length using a

mechanical chopper to ensure uniform particle size across all samples. No additives were used, and the chopped samples were placed into silage bags. The bags were vacuum-sealed and tightly closed to prevent air from entering. The experiment was conducted with six replications in a randomized plot design. After an 8-week fermentation period, the silage bags were opened for analysis. A 500 g sample from each bag was dried at 70 °C to constant weight and dry matter content was determined. The samples were then ground to pass through a 2 mm sieve for further analysis of crude protein, NDF, ADF and ADL using FT-NIR (Fourier Transform Near-Infrared Spectroscopy). The data were analyzed using the SAS statistical software and significant means were compared using Scheffe's multiple comparison tests (SAS Institute, 2011).

Table 1. Some climate data of the area where the experiment was conducted between 1928 and 2023

Months	2023 Year			Long-term average		
	Tempurate °C	Precipitation mm	Relative Humidity %	Tempurate °C	Precipitation mm	Relative Humidity %
January	3.5	16.5	77.8	-0.2	40.0	75.2
February	2.5	15.0	70.3	1.4	32.8	71.0
March	7.4	115.7	76.1	5.0	35.3	65.0
April	10.7	41.1	64.8	10.2	38.4	62.4
May	14.5	59.6	71.9	15.0	44.9	59.9
June	19.4	62.0	67.3	18.9	33.6	55.0
July	23.6	0.6	50.6	21.5	13.2	51.8
August	25.9	0.1	49.9	21.4	8.7	52.9
September	19.9	21.2	59.2	17.4	15.9	58.4
October	15.3	24.8	76.4	12.9	28.9	65.2
Total Average	---	356.6	---	---	291.7	---
	14.3	---	66.4	12.4	---	61.7

3. Results

In this study, conducted to determine the silage quality of some sorghum genotypes grown after wheat harvest, dry matter, crude protein, ADF, NDF and ADL content were examined. Significant differences were observed among the sorghum genotypes in terms of these parameters. The dry matter

content of the different sorghum genotypes ranged from 17.33% in the sweet sorghum variety Uzun to 32.03% in the Haybuster variety (Table 2, Figure 1). The average dry matter content was determined to be 22.73% (Table 2, Figure 1). Varieties and lines such as Nes (28.53%), K311 (27.40%), B305 (27.00%) and Greengo (26.30%) stood out in terms of dry matter content (Table 2, Figure 1).

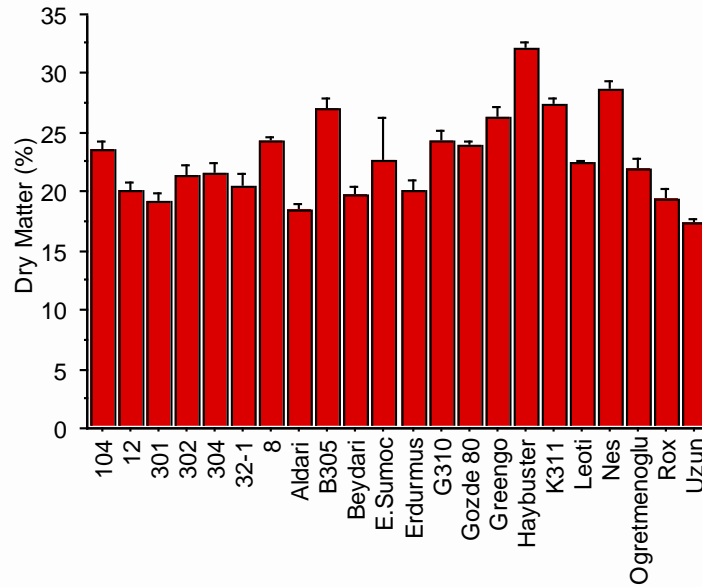


Figure 1. Average dry matter content of sorghum lines and varieties

The crude protein content of some sorghum lines and varieties ranged between 5.07% and 10.47%, with an average crude protein content of 8.05%. The highest crude protein content was obtained from line 301 (10.47%), while

the lowest crude protein content was found in the Uzun variety (5.07%) (Table 2, Figure 2). Except for the Uzun, Gözde-80 and Haybuster varieties, all varieties had crude protein content above 6% (Figure 2).

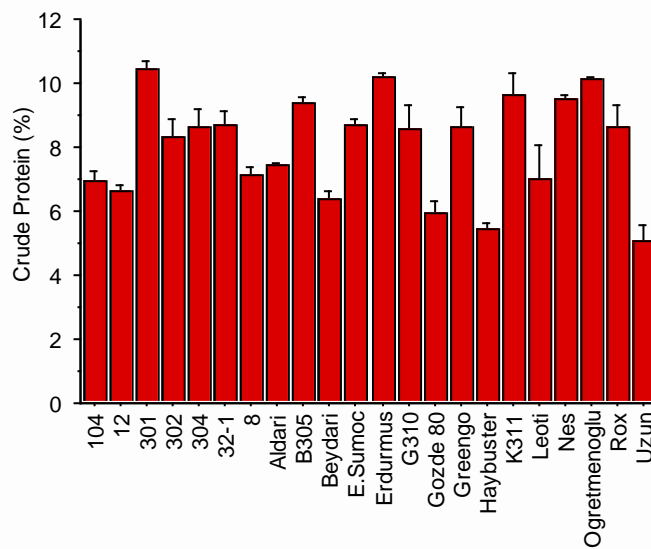


Figure 2. Average crude protein ratio of sorghum lines and varieties

The average NDF value of the sorghum genotypes silaged in Eskişehir ecological conditions was 76.81% (Table 2). It was observed that the NDF content of the Grengo,

Nes, Öğretmenoğlu, Aldarı varieties and lines 301, 304, G310 and K311 were above average (Table 2, Figure 3).

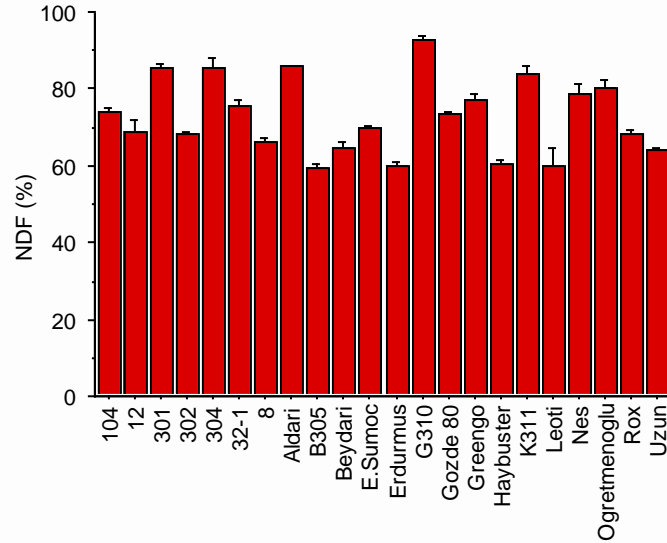


Figure 3. NDF rates (%) of sorghum genotypes silaged in Eskişehir conditions

Table 2. Average dry matter, crude protein, NDF, ADF and ADL ratios of sorghum genotypes

Sorghum varieties/lines	Dry matter ratio (%)	Crude protein (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)
104	23.43	6.97	73.87	39.77	5.93
12	20.13	6.60	68.60	30.37	4.77
301	19.13	10.47	85.57	54.43	5.43
302	21.30	8.30	68.03	31.73	4.80
304	21.50	8.33	85.67	51.60	6.07
32-1	20.43	8.67	75.63	49.80	6.00
8	24.23	7.13	66.27	42.17	5.63
Aldarı	18.37	7.47	85.77	47.47	5.67
B305	27.00	9.40	59.13	46.83	5.07
Beydarı	19.63	6.40	64.80	51.93	5.53
E: Sumoc	22.53	8.70	69.70	43.43	5.73
Erdurmuş	20.13	10.17	60.03	65.20	5.43
G310	24.27	8.53	92.80	61.27	6.33
Gözde 80	23.87	5.93	73.53	64.63	5.53
Grengo	26.30	8.60	77.10	42.93	5.43
Haybuster	32.03	5.43	60.57	34.67	5.07
K311	27.40	9.60	83.93	53.70	5.77
Leoti	22.33	7.00	59.83	41.00	4.80
Nes	28.53	9.50	78.53	46.010	5.77
Öğretmenoğlu	21.87	10.10	80.43	43.90	4.87
Rox	19.40	8.63	68.03	43.03	5.53
Uzun	17.33	5.07	63.97	33.20	5.73
Average	22.78	8.05	76.81	46.32	5.51
F Value	11.74	11.33	29.68	42.42	2.52
P Value	.0001	.0001	.0001	.0001	.0049

ADF content was the lowest in line 12 (30.37%) and the highest in line G310 (61.27%). Among the sorghum genotypes

silaged, the highest ADF value was detected in the sweet sorghum variety Erdurmuş (65.20%) (Table 2, Figure 4).

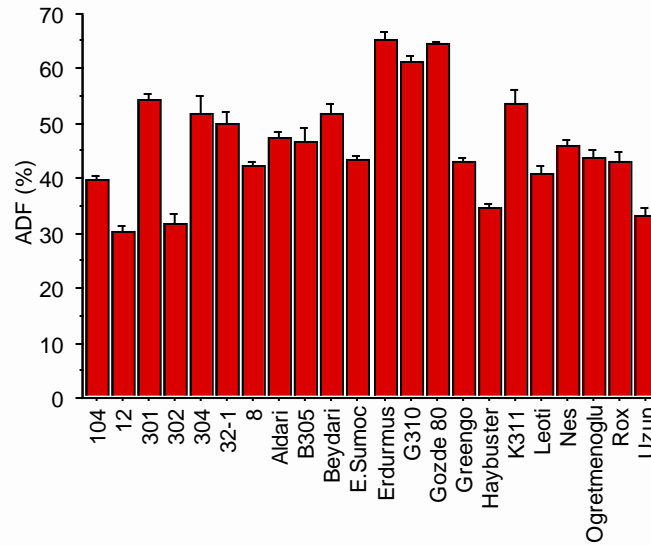


Figure 4. ADF rates (%) of sorghum lines and varieties silaged in Eskişehir conditions

The ADL content of the silages was the lowest in line 12 (4.77%) and the highest in

line G310 (6.33%), with an average ADL value of 5.51% (Table 2, Figure 5).

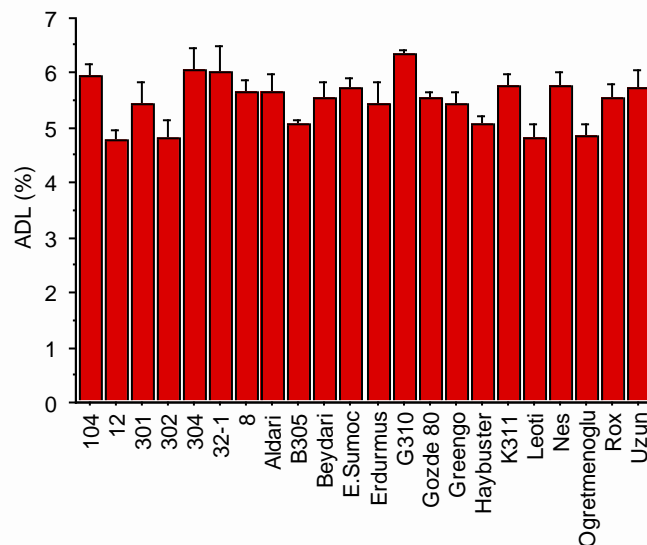


Figure 5. ADL rates of sorghum silages (%)

4. Discussion

The ideal dry matter content in good-quality silage should be between 30-40% (Panyasak and Tumwason, 2015). It has been determined that the significant differences in dry matter content among genotypes are a result of genetic variation (Tanrikulu et al., 2020; Çetin and Soylu, 2021; Demiroğlu Topçu and Kahya, 2023). In this study, the differences in dry matter content among the sorghum genotypes are attributed to differences in usage

characteristics and genetic structure. Since there were no differences in the treatments applied in the study, any observed variation is likely due to genetic differences.

Crude protein content is a critical factor affecting feed quality in roughage and plays an essential role in meeting the nutritional needs of ruminants (Hu et al., 2021; Meen, 2001). The crude protein content in feeds should be at least 6% to meet the nutritional requirements of ruminants (Assefa and Ledin, 2001). As

with different plant species (Carr et al., 2004), variations in crude protein content can also occur among genotypes of the same species. The differences in crude protein content among genotypes are thought to be due to their genetic traits (Yücel et al., 2024; Tenikecier and Ateş, 2024). Similar differences were observed in this study.

NDF represents the amount of cellulose, hemicellulose, lignin, cutin and insoluble protein in plant cell walls. NDF content in feed indicates how efficiently animals digest and utilize the feed. When the NDF value is below 40%, animals derive more benefit from the feed (Van Soest, 1994). Like ADF, a lower NDF content is preferred in feed, as a high NDF content makes digestion more difficult and reduces feed intake and nutrient absorption (Yavuz, 2005). NDF content can vary between different plant species and among genotypes of the same species. The variation observed among plants harvested under similar environmental conditions is attributed to genetic factors. Genetic diversity plays an important role in determining NDF content (Lithourgidis et al., 2006; Tulu et al., 2020). Similar results were obtained in this study, as the NDF content varied according to the genetic characteristics of the sorghum genotypes.

ADF consists of cellulose and lignin, which play an important role in determining the cell wall composition of plants (Carlier et al., 2009). Lower ADF content in roughage increases its digestibility and therefore, feeds with low ADF content are considered higher quality (Van Soest, 1994). High ADF content reduces digestibility and energy intake by prolonging the time feed remains in the rumen and making it more difficult to break down (Van Soest, 1994). High-quality feeds have low ADF and NDF content and provide high digestibility (Paterson et al., 1994). The ideal ADF content is considered to be below 31% (Van Soest, 1994). ADF content varies between plant species and genotypes and also changes with growth stages (Tulu et al., 2020, Demiroğlu Topçu et al., 2023). In this study,

the differences in ADF content among genotypes are attributed to genetic factors.

ADL is a parameter that measures lignin content in plant cell walls, which plays a crucial role in animal nutrition. Lignin significantly affects the ability of animals to digest feed and therefore, ADL content is critical in animal nutrition. Lower ADL content increases digestibility and nutrient availability, improving animal growth and productivity. In particular, ADL content is an important criterion in the selection of feed for ruminants such as cattle and sheep (Öktem et al., 2021; Tutar, 2024). Genetic differences are expected to result in significant variations in ADL content among genotypes. As there were no differences in the treatments applied in the study, the observed differences are inevitably due to genetic factors.

In conclusion, when examining the quality characteristics of the silages of sorghum lines and varieties grown as a second crop after wheat harvest in areas with no water scarcity, the highest dry matter content was obtained from the Haybuster variety and the highest crude protein content was obtained from line 301. Among the sorghum genotypes, the lowest ADF and ADL content were observed in line 12, while the lowest NDF content was detected in line B305. Based on these results, it has been determined that sorghum genotypes can be cultivated for silage to meet the roughage needs of livestock. Sorghum genotypes with the potential for short growing periods as a second crop in Eskişehir and similar ecological conditions are recommended.

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

- 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.
- Açıköz, E., 1995. Yem Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Bursa.
- Assefa, G., Ledin, I., 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Animal Feed Science and Technology*, 92: 95–111.
- Carlier, L., Van Waes, C., Rotar, I., Vlahova, M., Vidican, R., 2009. Forage quality evaluation. *Bulletin UASVM Agriculture*, 66(1): 216-230.
- Carr, P.M., Horsley, R.D., Poland, W.W., 2004. Barley, oat, and cereal–pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 96: 677-684.
- Çetin, A., Soylu, S., 2021. Mısırdaki verim ve verim unsurları yönüyle genotip x çevre interaksiyonunun belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10(1): 40-56.
- Çiğdem, İ., Uzun, F., 2006. Samsun ili taban alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık sorgum ve mısır çeşitleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 14-19.
- Demiroğlu Topçu, G., Kızılsimşek, M., Akbay, F., 2023. The effect of different mixture ratios of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on some silage quality characteristics. *International Journal of Applied Biology and Environmental Sciences*, 5(2): 53-63.
- Demiroğlu Topçu, G., Kahya, M.E., 2023. İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ile İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışımlarının bazı silaj özelliklerinin belirlenmesi. *Research Journal of Biology Sciences*, 16(1): 8-15.
- Ergün A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., 2016. Yemler yem hijyeni ve teknolojisi. Genişletilmiş 6. Baskı, Kardelen Ofset, Ankara, 0020.
- Erkovan, Ş., Afacan, H., 2024. Performance of some sorghum genotypes under Eskişehir conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 107-115.
- Getachew, G., Putnam, D.H., De Ben, C.M., De Peters, E.J., 2016. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*, 7(7): 1106-1121.
- Hadebe, S.T., Modi, A.T., Mabhaudhi, T., 2017. Drought tolerance and water use of cereal crops: A focus on sorghum as a food security crop in sub-Saharan Africa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(3): 177-191.
- Hu, Y., Kang, S., Ding, R., Zhao, Q., 2021. A crude protein and fiber model of alfalfa incorporating growth age under water and salt stress. *Agricultural Water Management*, 255: 107037.
- Kün, E., 1985. Sıcak İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayınevi, Ankara.
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoğlu, I.B., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat triticale in two seeding ratios. *Field Crop Research*, 99: 106-113.
- Meen, A., 2001. Forage quality on the Arizona strip. *Rangelands*, 23(1): 7-12.
- Öktem, A., Öktem, A.G., Demir, D., 2021. Geç olum süresine sahip bazı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin biyokütle verimi ve yem kalitesinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 315–325.

- Panyasak, A., Tumwasorn, S., 2015. Effect of moisture content and storage time on sweet. walailak. *Journal of Science and Technology*, 12(3): 237-243.
- Paterson, J.A., Belyea, R.L., Bowman, J.P., Kerley, M.S., Williams, J.E., 1994. The Impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: Fahey Jr., G.C. (Ed.), Forage Quality, Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI, USA, pp. 9-11.
- Pino, F., Heinrichs, A.J., 2017. Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets. *Journal of Dairy Science*, 100(1): 224-235.
- Sarıççek, Z.B., Ayan, İ., Garipoğlu, A.V., 2002. Mısır ve bazı baklagillerin tek ve karışık ekilmelerinin silaj kalitesine etkisi. *Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3):1-5.
- Sas Institute Inc. 2011. Base SAS9.3 Procedures Guides (computer program), 536p.
- Sezgin, M.T., 2014. Konya şartlarında bazı kimyasal gübrelerin mera karışımının yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tanrikulu, 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.
- Tenikecier, H.S., Ateş, E., 2024. Effect of adding different ratios of oat (*Avena sativa* L.) cracks on the silage quality of fodder pea (*Pisum arvense* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 638-646.
- Tulu, A., Diribsa, M., Temesgen, W., 2020. Evaluation of seven oat (*Avena sativa* L.) genotypes for biomass yield and quality parameters under different locations of western Oromia, Ethiopia. *Hindawi Advances in Agriculture*, 2-7.
- Tutar, H., 2024. Investigation of dry herbage yield and some quality characteristics of Sorghum x Sudan Grass hybrid varieties grown under semi-humid ecological conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(4): 850-857.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd Ed.). Ithaca, N.Y. Cornell University Press.
- Yavuz, M., 2005. Detergent fiber system. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 2005(1): 93-96.
- 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.
- Zhang, S.J., Chaudhry, A.S., Ramdani, D., Osman, A., Guo, X.F., Edwards, G.R., Cheng, L., 2016. Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(1): 175-182.

To Cite

Erkovan, H.İ., Erkovan, Ş., 2025. Determination of Silage Quality of Some Sorghum Genotypes under Eskişehir Ecological Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 13-21. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14066362>.



Bitkilerde Ekonomik Kayıplara Neden Olan *Neoscytalidium novaehollandiae* Türüne Karşı Bazı Fungisitlerin Etkinliğinin Belirlenmesi

Berfin KILINÇ^{1*}, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR², Murat DİKİLİTAŞ²

¹ Kırıkkale Üniversitesi Delice Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kırıkkale

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): berfinkilinc@kku.edu.tr

Özet

Neoscytalidium novaehollandiae etmeni, son zamanlarda bitkilerde kuruma, kanser yaraları ve ölümlere yol açarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmada, Antepfıstığı ağaçlarından izole edilen *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeni üzerinde, Thiophanatemethyl + Tetraconazole (Y*) ve Pyraclastrobin + Fluxapyroxad (P*) aktif maddelerinin ve bu iki fungisit kombinasyonu halinde uygulanan formülasyonun (Y*+P*) *in vitro* etkinlikleri araştırılmıştır. Fungisitlerin arazi dozları (mg L⁻¹) Petri kaplarına uyarlanarak dört tekerrürlü olarak uygulanmıştır. *N. novaehollandiae* izolatlarından alınan miselyal diskler, tarladaki doğal koşulları simüle etmek amacıyla fungusit solüsyonuna batırılıp PDA ortamına yerleştirilmiştir. Deneme sonunda, Petri kaplarındaki miselyal gelişme çapları ölçülerek fungusitlerin % engelleme oranları hesaplanmıştır. Kontrol grubundaki Petri kapları tamamen kaplandığında deneme sonlandırılmıştır. Uygulama sonucunda Y* fungusiti %61.2'lik, P* fungusiti %89.3'lük P*+Y* uygulaması ise %100'lük bir engelleme etkisi göstermiş, fungusit kombinasyonunun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca fungusitlerin, fungistatik ve fungisidal etkilerine bakmak için geri canlandırma testi yapılmıştır. Buna göre 0,95 cm'lik gelişim gösteren fakat konidi oluşturmayan Y* fungusitinin fungistatik, P* ve Y*+P* fungusitlerinin ise fungisidal etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Fungisidal etkideki aktiflerin uygulama alanlarında etkili olabileceği, fungistatik olanların ise birkaç uygulama ile patojeni baskılayabileceği düşünülmektedir. *N. novaehollandiae*'ye karşı ruhsatlı bir ürün bulunmaması nedeniyle, bu çalışma patojenin kontrolü için önemli sonuçlar sunmaktadır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :22.08.2024
Kabul Tarihi :28.09.2024

Anahtar Kelimeler

Neoscytalidium novaehollandiae
in vitro
kombine fungusit
duyarlılık
% etki

Determination of Efficacy of Some Fungicides Against *Neoscytalidium novaehollandiae* Species Causing Economic Losses in Plants

Abstract

Neoscytalidium novaehollandiae has recently caused economic losses by inducing drying, cancerous wounds and deaths in plants. In this study, the *in vitro* activities of Thiophanatemethyl + Tetraconazole (Y*) and Pyraclastrobin + Fluxapyroxad (P*) active substances and the formulation applied as a mixture of these two fungicides (Y*+P*) were investigated on *Neoscytalidium novaehollandiae* isolated from pistachio trees. Field doses (mg L⁻¹) of fungicides were adapted to Petri dishes and applied in four treatments. Mycelial discs from *N. novaehollandiae* isolates were soaked in fungicide solution and placed in PDA medium to simulate natural field conditions. Mycelial growth diameters in Petri dishes were measured and % inhibition rates of fungicides were calculated at the end of the experiment. When the Petri dishes in the control group were completely covered, the experiment was terminated. As a result of the application, Y* fungicide showed an inhibition effect of 61.2%, P* fungicide showed an inhibition effect of 89.3% and P*+Y* application showed an inhibition effect of 100% and it was found that the fungicide mixture was more effective. In addition, the fungistatic and fungicidal activity of the fungicides was investigated in a revitalisation test. It was found that the Y* fungicide, which grew to 0.95 cm but did not form conidia, was fungistatic and the P* and Y*+P* fungicides were fungicidal. Fungicidal substances can control pathogens, while fungistatic substances suppress them. There is no registered product to control *N. novaehollandiae*, so this study is important.

Research Article

Article History

Received :22.08.2024
Accepted :28.09.2024

Keywords

Neoscytalidium novaehollandiae
in vitro
combined fungicide
sensitivity
inhibition percentage

1. Giriş

Botryosphaeriaceae familyasının *Neoscytalidium* cinsine mensup *N. novaehollandiae* türü ilk olarak Pavlic ve ark. tarafından 2008 yılında *Addansonia gibbosa* (baobab) bitkisinden endofitik bir fungus olarak izole edilmiştir (Pavlic ve ark., 2008). Dünyada geniş coğrafi bölgelerde, çeşitli bitki konukçularında rapor edilen ve kültür ortamlarında yavaş gelişen *Neoscytalidium* aseksüel üreme yapan bir fungustur (Von Arx, 1987; Dunn ve ark., 2003; Farr ve Rossman, 2018; Alizadeh ve ark., 2024). Kontrollü ortamlarda genç miselleri beyazımsı hiyalinli yapılar oluşturup daha sonra koyu kahverengi ve siyahımsı hale gelen ve hızlı büyüyen pamuksu bir yapı oluşturan *Neoscytalidium* türü elipsoidik şekilli koyu renk maddesi içeren artrik konidiler meydana getirmekte ve miselleri artrik zincirler oluşturmaktadır (Singler ve ark., 1997; Crous ve ark., 2006; Pavlic ve ark., 2008; Sharma ve ark., 2024). *Neoscytalidium* türlerinin insanlarda klinik olarak dermatofitoza benzeyen çoğunlukla el ve ayaklarda kronik yüzeysel enfeksiyonlar meydana getirdiği bildirilmiştir (Razavyoon ve ark., 2022). Yapılan son çalışmalarda *N. novaehollandiae*'ya bağlı ilk tırnak onikomikozu tanımlanmış ve *N. novaehollandiae* türünün insan enfeksiyonu raporlarının nadir olduğu, ve bunun nedeninin de organizmanın tanılanmasındaki zorluklar veya coğrafi dağılımındaki farklılıklar olabildiği öne sürülmüştür (Shokoohi ve ark., 2020). *Neoscytalidium* hastalığı, en fazla yarı kurak ve tropikal bölgelerde özellikle elma, kayısı, turuncgil, erik, incir, pithaya, asma ve kavak bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda görülmektedir (Ören ve ark., 2001; Sadowsky ve ark., 2007; Polizzi ve ark., 2009; Ray ve ark., 2010; Chuang ve ark., 2012; Kenfaoui ve ark., 2024). Yine bu cinse mensup olan *N. dimidiatum* türünün *Citrus sinensis* (Polizzi ve ark., 2009), *Styphnolobium japonicum* (Luo ve ark., 2024), *Ficus carica* (Ray ve ark., 2010; Güney ve ark., 2022b), *Mangifera indica* (Sakalidis ve ark., 2011; Sharma ve ark., 2024) ve *Hylocereus undatus* ve *H. polyrhizus* (Chuang ve ark., 2012; Van ve Phuong, 2024), *Solanum lycopersicum*; *Pinus* spp; *Salix alba*

(Türkölmez ve ark., 2019a; Türkölmez ve ark., 2019b; Türkölmez ve ark., 2019c), *Juglans regia* (Derviş ve ark., 2019b), *Olea europaea* (Güney ve ark., 2022a), gibi konukçularda enfeksiyon yaptığı rapor edilmiştir. Avustralya'da ve İsrail'de de mango ölümüne yol açan *N. novaehollandiae*'nın ciddi ekonomik kayıplara yol açtığı belirlenmiştir (Ray ve ark., 2010; Sharma ve ark., 2024). *Neoscytalidium* cinsine ait olan *N. dimidiatum*'un neden olduğu bazı hastalıklar dal solgunluğu, geriye doğru ölüm, dal kurumaları, gummosis olarak sayılabilir. Türkiyede yeni görülen bir hastalık olan Botryosphaeriae familyasından *Neoscytalidium* cinslerine ait fungus türünün Antepfıstığı ağaçlarında ciddi problemlere yol açtığı tespit edilmiştir (Derviş ve ark., 2019a; Kurt ve ark., 2019; Kılınç ve ark., 2022). Yine bu etmen Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde domates bitkisinde yeşil aksamda yanmalar ve özellikle kök içi nekrozları gibi belirtilere yol açtığı rapor edilmiştir (Türkölmez ve ark., 2019a). Benzer şekilde, Manisa ve Gaziantep illerinde asma bitkisinde, dal kanseri ve geriye doğru ölüm (Akgül ve ark., 2020), ve 2019 yılında, Diyarbakır ili badem ağaçlarında yaprak sararması, dal kuruması gibi gövde hastalıkları (Ören ve ark., 2020a), ve yine 2019 yılında Trabzon hurmasında dal kuruması gibi belirtilerin olduğu rapor edilmiştir (Ören ve ark., 2020b).

Neoscytalidium etmenlerinin bitkilerde önemli kayıplara yol açtığı insan ve hayvanlarda da çeşitli enfeksiyonlara sebebiyet verdiği göz önünde bulundurulduğunda bu fungal etmenlerin kontrolünde kimyasal mücadele olanaklarına başvurulması büyük önem arz etmektedir.

Kimyasal kontrol, çeşitli meyve ve sebzelerde hasat sonrası hastalıkların görülme sıklığını azaltmak için ana önlem olmaya devam etmektedir. Hastalığı etkili bir şekilde kontrol altına almak için büyüme mevsimi boyunca çoklu fungisit uygulamaları gereklidir (Rosenzweig ve ark., 2008; Horsfield ve ark., 2010; Köycü ve ark., 2018; Köycü ve Sukut, 2018; Al Raish ve ark., 2020). Yapılan bir çalışmada sistemik fungisitlerden carbendazin,

mancozeb, cymoxamil uygulamalarından herhangi birinin servi ağaçlarında solgunluk ve kanser hastalıklarına neden olan *N. dimidiatum*'a karşı önemli oranda engelleme gösterdiği tespit edilmiştir (Murad ve Al Dabagh, 2014). Birleşik Arap Emirlikleri'nde ateş ağacı (*Delonix regia*)'nda kök kanserine yol açan *N. dimidiatum*'a karşı yapılan bir kimyasal mücadele çalışmasında, difenoconazole+siflufenamid ve azoxystrobin+difenoconazole aktif maddeleri laboratuvar ve sera denemelerinde misel ve konidi gelişimini önemli oranda inhibe etmiştir (Al Raish ve ark., 2020). Betanol-L (8 hidroksikinol) kimyasalıyla yapılan bir *in vitro* çalışmasında *N. dimidiatum*'un etkili bir şekilde inhibe edildiği tespit edilmiştir. Aynı fungusit uygulamasının *Eucalyptus camaldulensis* fidelerindeki *N. dimidiatum*'a ait kanser lezyonlarını azalttığı tespit edilmiştir (Altememe ve ark., 2019). Kaliforniya'da turunçgillerde *N. dimidiatum*'a karşı yapılan *in vitro* fungusit duyarlılığı çalışmasında azoxystrobin ve pyraclostrobin etken maddesinin fungusun gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Mayorquin, 2016). Benzer biçimde Kılınç ve Güldür (2020)'ün yaptığı bir çalışmada da *N. dimidiatum* etmenine karşı azoxystrobin ve pyraclostrobin grubu etken madde içeren fungusitler *in vitro* koşullarda etkili bulunmuştur. Kayısıda *N. dimidiatum* etmenine karşı uygulanan bir fungusit çalışmasında fluopyram+tebuconazole ve cyprodinil+fludioxonil fungusitleri oldukça etkili bulunmuştur (Sür, 2020). Bademde *N. novaehollandiae*'ye karşı yapılan bir çalışmada, fluazinam, thiophanate-methyl+tebuconazole, boscalid+pyraclostrobin aktifleri yüksek etki gösterirken, trifloxystrobin ise en düşük etkili aktif madde olmuştur (Sakçı ve ark., 2021). Yapılan diğer bir çalışmada captan ve mancozeb gibi fungusitlerin kombinasyonlarının, fungusun kontrolünde tek başına kullanılan kimyasallardan daha etkili olduğu bulunmuştur (Benhamou & Belanger, 1998). *N. dimidiatum*'un neden olduğu hastalıkların kontrolü için azoxystrobin ve cyprodinil + fludioxonil kombinasyonları hem koruyucu hem de tedavi edici amaçla

kullanıldığında etkili bulunmuş ve patojenin büyümesini engellemiştir. Özellikle sıcak ve nemli bölgelerde, bu kombinasyonların fungusit direncini önlemek için rotasyonlu olarak kullanılması önerilmiştir (Oksal, 2024). Cyprodinil + fludioxonil kombinasyonu da üzüm bağları gibi diğer bitkilerde benzer patojenlerle mücadelede önleyici amaçla kullanıldığında oldukça etkili bulunmuş, ancak enfeksiyon sonrasında daha düşük etkinlik gösterdiği tespit edilmiştir (Derviş ve Özer, 2023).

Sebzeler üzerinde ciddi kayıplara yol açan, meyve ve orman ağaçları üzerinde ölümcül etkileri olan, hatta ağaç kurumalarına yol açan agresif fungal etmenlerin, ki çoğunluğu saprofit patojen olarak bilinen *N. dimidiatum*, *N. novaehollandiae*, *Pythium litterale* gibi fungal etmenlerin tek bir pestisit uygulaması ile kontrol altına alınamayacağı bilinmektedir. Bu etmenlerin tek bir çeşit fungusit ile de kontrol altına alınamayacağı tespit edilmiştir (Güldür ve ark., 2024a). Bu çalışmada fungus kontrolünde etkin olarak değerlendirilen fungusitlerin laboratuvar koşullarında *N. novaehollandiae* etmeninin gelişimine olan etkileri bu fungusitlerin kombinasyonunun etkileri ve fungisidal veya fungistatik etkiye sahip olup olmadıkları değerlendirilmiştir. Etmenin antifungal duyarlılığının tespit edilmesi ve mücadelesinde kullanılabilecek fungusitlerin belirlenmesi dayanıklı çeşit geliştirme çalışmaları sırasında büyük önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini laboratuvardaki kültür stoğunda bulunan ve Antepfıstığından izole edilmiş olan *N. novaehollandiae* (ITS: OL455801 ve LSU: OL589617) hastalık etmeni ve *in vitro* koşullarda kullanılan 150 g l⁻¹ Pyraclostrobin + 75 g l⁻¹ Fluaxapyroxad ve 233 g l⁻¹ Thiophanate-methyl + 70 g l⁻¹ Tetraconazole aktif maddeli fungusitler oluşturmuştur. Çalışmanın diğer materyalleri laboratuvarında bulunan temel araç ve gereçler olmuştur. Bu çalışmada daha önceki

çalışmalarda etkili bulunan fungusitlerin kombinasyonları denenmiş, orada etkili bulunan fungusitlerin arazi dozları *N. novaehollandiae* için de uygulanmıştır (Güldür

ve ark., 2023). Bu aktif maddeler ve ticari kısaltmaları aşağıdaki tabloda verilmiş olup Kontrol için steril saf su kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan fungusitlerin etken maddeleri ve etkili madde oranları

Table 1. Active ingredients and effective ingredient ratios of the fungicides used in the study

Formülasyon	Etken madde ve oranları	Arazi dozları (ml l ⁻¹)	Ticari isimler
SE (Suspo-emülsiyon konsantre)	233 g l ⁻¹ Thiophanate-methyl + 70 g l ⁻¹ Tetraconazole	1.6 ml l ⁻¹	Y*
EC (Emülsiyon olabilen konsantre)	150 g l ⁻¹ Pyraclostrobin + 75 g l ⁻¹ Fluaxapyroxad	1.6 ml l ⁻¹	P*
EC+SE	150 g l ⁻¹ Pyraclostrobin + 75 g l ⁻¹ Fluaxapyroxad + 233 g l ⁻¹ Thiophanate-methyl + 70 g l ⁻¹ Tetraconazole	2.4 1.6 ml l ⁻¹	P+Y*

*Markaların ticari özlük hakları gereğince ile fungusitlerin ticari adları verilmemiştir.

2.1. Fungusların tek spor izolasyonu

Neoscytalidium novaehollandiae hastalık etmenine ait saf koloni elde etmek için kültür stoğundan saf olarak geliştirilmiş misellerden alınan fungal disk steril ve antibiotik (tetracycline) ile desteklenen PDA (Patates Dekstroz Agar; 39g PDA/L distile su) ortamına transfer edilmiştir (Kılınç ve ark., 2024). Gelişen *N. novaehollandiae* misellerinden bir parça alınıp saf suda birkaç seyreltilme sonucu PDA ortamına hips (hücre yayıcı) ile yayma yapılarak ekilmiştir. Buradan tek spordan gelişen hif tekrar PDA içeren bir Petri kabına aktarılıp misel gelişimi gerçekleştirilmiştir. Petri kapları 25 °C'de 5 gün karanlıkta inkübe edilmek üzere inkübatöre konulmuştur (Kılınç ve ark., 2022, 2023). Saf olarak gelişen kültürler *in vitro* fungusit çalışması için kullanılmıştır.

2.2. Fungus izolatlarının muhafazası

Saf olarak elde edilen fungal izolatlardan alınan miselyal diskler (3 mm çap) PDA ortamı içeren Petri kaplarının merkezine yerleştirilmiş 25±2 °C'de 5-7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır (Gümüş ve ark., 2023). Patojen kültürlerini muhafaza etmek için %15'lik gliserol stoğundan 500 µl alınmış ve Eppendorf tüplere aktarılmış ve etmeden bir parça hif alınarak tüplere yerleştirilmiştir.

Tüpler etiketlenerek -20°C'de muhafaza edilmiştir (Güldür ve ark., 2024b).

2.3. *Neoscytalidium novaehollandiae* etmenine karşı bazı fungusitlerin etkinliği

Bunun için Antepfistığının gövdelerinden izole edilen *N. novaehollandiae* fungal etmeni saf olarak geliştirildikten sonra, genç miseller Petri kaplarının kenarlarından 8 mm'lik mantar delici ile alınıp, ilgili fungusit solüsyonlarına 45 saniye süre ile batırılarak PDA ortamı içeren Petri kaplarının merkezine yerleştirilmiştir. Kontrol grubu için diskler steril distile su ile muamele edilmiştir (Güldür ve ark., 2024a). Burada alınan fungal diskin hacmi ölçülerek sıvı hacmine denk gelecek aktif madde oranı, arazide uygulanan doza göre ayarlanmıştır. Arazilerdeki bitki ilaçlamalarında bitkiler üzerine hedeflenen kimyasalın miktarının yaklaşık 45 saniye süre ile verildiği ve sonraki parsellere geçildiği tespit edilmiştir. Dolayısı ile fungusa ait diskler fungusit ihtiva eden PDA ortamına alınmamış, bahçe ve tarladaki doğal durumu simule etmek için ilgili fungusit solüsyonuna 45 saniye süre ile daldırılarak muamele edilmiştir (Güldür ve ark., 2024a). Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerürlü olarak yapılmıştır. Hazırlanan Petri kapları 25 °C'de ve karanlıkta kontrol grubu Petri kaplarındaki miseller Petri kaplarına kadar inkübe edilmiştir. Petri kaplarındaki miselyal gelişim Petrinin her iki boyutundan yapılan

çap ölçümü ile belirlenmiştir. Petri kaplarında gelişen misellerin % engellenme (etki) değerleri Townsend-Heuberger Formülü'ne göre fungusitli Petriyelerdeki ortalama gelişimin kontrol grubuna oranı ile hesaplanmıştır (Townsend, 1943; Güldür ve ark., 2024a).

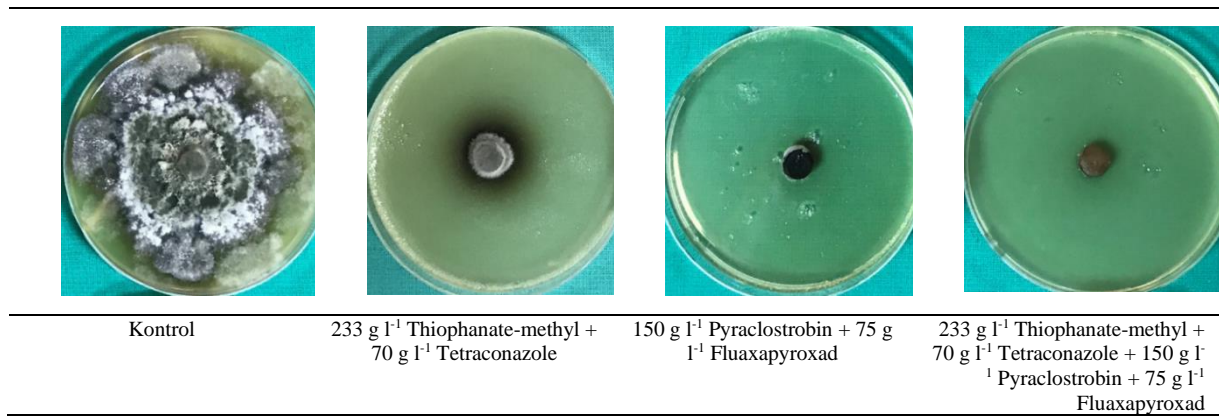
2.4. Fungisitlerin toksik etkisi

Fungisit uygulamaları sonucu Petri kabında inkübe edilen *N. novaehollandiae* fungusit denemesinin tamamlanmasından 1 hafta sonra pestisit içermeyen PDA ortamına uygulama gruplarından misel parçacıkları alınmış, miselyal gelişimin ve konidi üretiminin gerçekleşip gerçekleşmediği 3 gün süre ile kontrol edilmiştir. Gelişim göstermeyen misel ve konidilerin canlılığını kaybettiği değerlendirilmiştir. Böylece fungusit ve fungusit kombinasyonlarının etkilerinin fungusidal veya fungistatik olup olmadığı belirlenmiştir (Mectoau ve ark., 2008; Feng ve ark., 2011). Deneme grupları misel gelişim ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olup

olmadığı Duncan's Multiple Range Test'e göre yapılmış, varyans analizi ile sonuçlar değerlendirilmiştir. $P \leq 0.05$ olan değerler istatistik olarak önemli kabul edilmiştir. İstatistik analizi, IBM SPSS Statistics 26 software programına göre yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Saf olarak gelişimi sağlanmış ve çoğaltılıp fungusit denemesi için hazır hale getirilmiş olan hastalık etmenine karşı yapılan fungusit denemesi, kontrol grubu misellerinin tamamen Petriyi kapladığı aşamada tamamlanmıştır (Şekil 1). Misel disklerinin fungusit solüsyonuna batırılması ve Petri kaplarına yerleştirilmesi ile çalışmanın başlatıldığı gün 0. gün olarak kabul edilmiş, ölçümlerin yapıldığı ve kontrol misellerinin Petri kaplarını tamamen kapladığı 6. günde tamamlanmıştır. *İn vitro* fungusit çalışması sonucunda, fungusitlerin Petri kaplarındaki etkileri misel gelişimleri baz alınıp % olarak hesaplanmıştır.

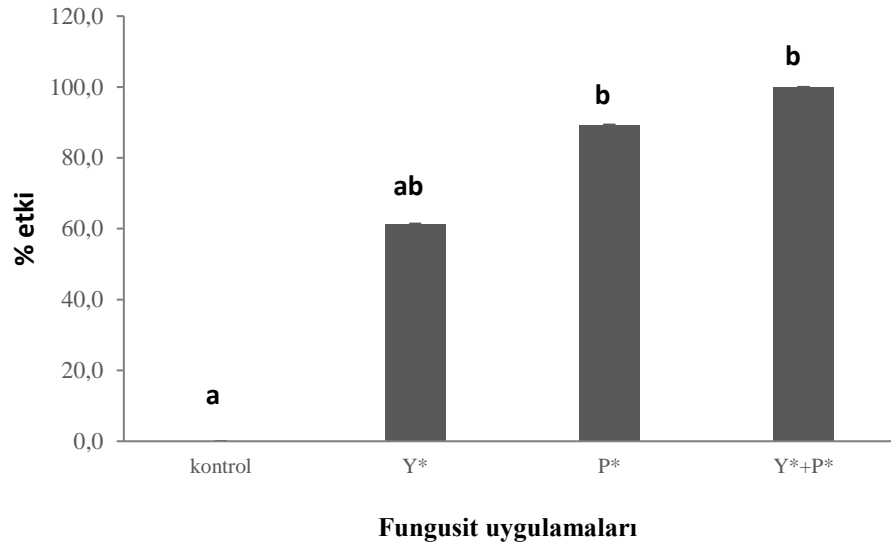


Şekil 1. Fungisit çalışmasında 6. gün sonucunda uygulama gruplarında *N. novaehollandiae* etmeninin Petri kaplarındaki görüntüleri

Figure 1. Images of *N. novaehollandiae* in Petri dishes in the treatment groups at the end of the 6th day of the fungicide study

Neoscytalidium etmeni için yapılan çalışmada deneme grupları ve kontrol grubu misel gelişim ortalamaları arasında önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Bu bağlamda kontrol Petriyelerindeki miseller 8.5 cm'lik bir gelişme göstererek 6. günde gelişimini tamamlayıp tamamen Petriyi kaplamaları sonucu %0 etki (a) göstermiştir. Buna göre kombine uygulaması olan P*+Y* uygulaması, herhangi bir misel gelişimi ihtiva etmeyerek (0 cm'lik çap gelişimi) %100'lük

etki (b) ile P*ve Y*uygulamalarına göre en etkili bulunan uygulama grubu olmuştur. Bunu takiben, P*uygulaması 0.9 cm ortalama çap uzunluğuyla %89.3'lük etki (b), Y*uygulaması ise 3.3 cm'lik gelişme ile %61.2'lik (ab) engelleme etkisi göstermiştir. İki fungusitin kombine halinin fungusitlerin tek başına uygulanması ile karşılaştırıldığında daha iyi etki gösterdiği tespit edilmiş olup gruplar arasındaki istatistiksel fark Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. *Neoscytalidium novaehollandiae* etmenine karşı uygulanan fungisit ve karışımlarının misel gelişim grafiği. Grafik bar üzerinde farklı harfler $P \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Figure 2. Mycelial growth graph of fungicides and mixtures applied against *Neoscytalidium novaehollandiae*. Different letters on the graph bar are significant at $P \leq 0.05$ level

Kaliforniya’da turunçgillerde *N. dimidiatum*’a karşı yapılan *in vitro* fungusit duyarlılığı çalışmasında azoxystrobin ve pyraclostrobin etken maddesinin fungusun gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Mayorquin, 2017). Şanlıurfa’da Kılınç ve Güldür’ün (2020) yaptığı çalışmada *N. dimidiatum* etmenine karşı azoxystrobin ve pyraclostrobin grubu etken madde içeren fungusitler *in vitro* koşullarda etkili olarak bulunmuştur. Yine bu çalışmada da azoxystrobin ve pyraclostrobin aktif maddeleri *N. novaehollandiae*’ye karşı etkili bulunmuştur. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak, fungusitlerin etmen üzerindeki fungistatik ve/veya fungisidal etkileri de değerlendirilmiştir.

Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum*)’nda kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani*)’ne karşı yeni kombine fungusit formülasyonları ile yapılan bir çalışma da propiconazole ve tebuconazole +trifloksistrobin aktif maddelerinin, 250, 500 ve 1000 ppm dozlarının %100 oranında hastalık etmenini inhibe ettiği tespit edilmiştir (Yadav ve ark., 2022). Bir çalışmada, buğday kahverengi pası (*Puccinia triticina* Erikss)’na karşı yapılan kombine fungusit uygulamasında,

piraklostrobin ve epoksikonazolün kombinasyonunun etkili bulunduğu belirlenmiştir (Gvozdeva ve Volkova, 2022). Yine bir diğer çalışmada, çeşitli fungus ve omisetlere karşı kombineli olarak uygulanan fungusitlerden Dodin+pikoksistrobinin en etkili kombineli grup olduğu tespit edilmiştir (Iwaniuk ve Lozowicka, 2020). Bu çalışmada ise thiophanate-methyl+tetraconazole aktif maddeleri ile azoxystrobin ve pyraclostrobin aktiflerinin kombine uygulamaları oldukça etkili bulunmuştur. Fungusların farklı fizyolojik ve biyolojik hassasiyetleri vardır ve bu çeşitli hassasiyetleri hedef alan fungusitlerin bir kombinasyonunun kullanılması, enfeksiyonu etkili bir şekilde kontrol etme şansını artırabilir. Bazı durumlarda, iki veya daha fazla fungusitin kombinasyonu, birleşik etkinin bireysel etkilerinin toplamından daha büyük olduğu sinerjistik bir etkiyle sonuçlanabilir. Bu, fungusitlerin etkinliğini artırabilir ve daha iyi bir hastalık kontrolü sağlayabilir. Tek bir fungusitin uzun süre kullanılması fungus popülasyonunda direnç geliştirmeye yol açabilir. Kombine fungusit uygulaması kullanıldığında, birden fazla aktif bileşen fungusların uyum sağlamasını zorlaştırır ve direnç riskini azaltır.


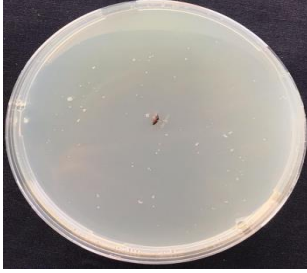
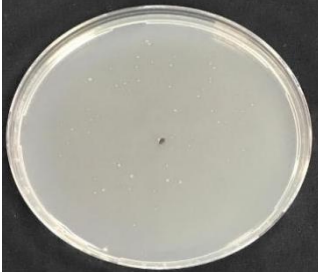

3.1. Fungisitlerin fungistatik ve fungisidal etkileri

Fungisit çalışmasından bir hafta sonra, geri canlandırma testinde, Y*, P* ve Y*+P* fungusit uygulama Petrilerinden alınan fungus misel parçacıklarının fungusit içermeyen taze PDA ortamına aktarılması sonucu 3 günlük inkübasyon periyoduna tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonucu, Kontrol grubu Petrilerinde

misel ve konidi gelişimleri görülürken Y* uygulama Petrilerinde etmenin hiyalinli misel oluşturarak çok az geliştiği, konidi üretmediği ve etkinin fungistatik olduğu belirlenmiş, P* uygulama Petri kaplarında ve kombine uygulama (Y*+P*) Petrilerinde ise herhangi bir miselyal gelişmenin ve konidi üretiminin görülmediği dolayısı ile iki uygulamada da etkinin fungisidal olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. Geri canlandırma testi sonucu fungusitlerin fungistatik ve fungisidal etkileri

Table 2. Fungistatic and fungicidal effects of fungicides as a result of regaining test

	Y*	P*	Y*+P*
Fungistatik		—	—
Fungisidal	—		
Kontrol			

Not: *N. novaehollandiae* fungusit denemesinin tamamlanmasından 1 hafta sonra pestisit içermeyen PDA ortamına kontrol, Y*, P* ve Y*+P* uygulama gruplarından misel parçacıkları alınmış, fungusit içermeyen PDA ortamlarına aktarılmış, miselyal gelişim ve konidi üretimi için 3 gün süre ile inkübe edilmiştir. Böylece fungusit ve fungusit kombinasyonlarının fungisidal veya fungistatik etkileri gözlenmiştir.

Fungistatik etki, fungusları öldürmeyen, ancak büyümesini durduran veya yavaşlatan kimyasallar anlamında kullanılmaktadır. Fungisidal etki ise bir maddenin veya tedavinin fungusların öldürme veya büyümesini engelleme yeteneğini ifade eder. Bu konu ile ilgili yapılan bir çalışmada, enfekteli domates bitkilerinde dezenfektan ve sterilizatör ajanları olan tebukonazol ve

kloroksilenol aktiflerinin domateste kök çürüklüğü hastalığı (*Sclerotium rolfsii*)'na karşı fungisidal etki gösterdiği belirtilmiştir (Hussien ve ark., 2022). Yine Thiophanate-methyl, geniş spektrumlu bir fungusit olarak *N. dimidiatum*'a karşı kullanılmıştır. Bu fungusit, fungusun hücre bölünmesini engelleyerek fungisidal etki göstermiştir (Travadon ve ark., 2023). Prothioconazole ve Tebuconazole

fungisitlerinin kombinasyonu, özellikle yüksek sıcaklık ve nem koşullarında *N. dimidiatum*'a karşı etkili bulunmuştur. (Riska ve ark., 2023). Dragon meyvesi üzerinde yapılan bir çalışmada, çeşitli bitkisel pestisitlerin *N. dimidiatum*'a karşı etkinliği araştırılmıştır. Biyolojik ve kimyasal kontrol yöntemlerinin entegre edilmesinin önemini vurgulayan bu çalışmada botanik pestisitlerin kimyasal fungusitlerle kombinasyon halinde kullanıldığında daha yüksek etkinlik gösterdiğini ortaya koymuştur (de Oliveira ve ark., 2024). Bu çalışmalar, *N. dimidiatum* kontrolünde hem kimyasal hem de biyolojik yaklaşımların kombinasyonunun kritik olduğunu ve direnç gelişimini önlemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu çalışmada sıcak iklime sahip olan bölgemizde şiddetli enfeksiyonlara yol açan *Neoscytalidium* türlerine karşı yapılan kombinasyonlu fungusit çalışmasında, 150 g/l Pyraclostrobin + 75 g/l Fluaxapyroxad ve 233 g/l Thiophanate-methyl + 70 g/l Tetraconazole aktif maddelerinin karışımının etkili olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Neoscytalidium novaehollandiae fungusu, özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu gibi tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak görülmekte ve çeşitli bitkilerde ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu patojen, meyve ağaçlarında kayısı, mango, nar, üzüm, zeytin, badem, Trabzon hurması, ceviz, elma ve turuncgil türlerinde gövde kanseri, meyve çürüklüğü ve yaprak lekeli gibi hastalıklara yol açarken; Pinus türleri, tropikal ve subtropikal bölgelerde yetişen orman ağaçları ve çalılarda, ayrıca çeşitli sebze ve tahıl ürünlerinde kök çürüklüğü, gövde kanseri ve yaprak lekeli gibi belirtiler oluşturur. Ayrıca, Ficus türleri, palmyeler ve dragon fruit (pitaya) gibi hassas bitkilerde çürüme ve kuruma semptomlarına sebep olmaktadır. Bu geniş konukçu yelpazesi, *Neoscytalidium*'un neden olduğu hastalıkların kontrolünü zorlaştırmakta ve farklı bitki türleri için yaygın bir tehdit oluşturmaktadır. Dünya genelinde milyonlarca hektara yayılmış olan bu bitki türlerinin *Neoscytalidium* türlerinin

etkisi altında olması, patojenle mücadelenin zorluğunu artırmakta ve küresel tarım için ciddi bir risk teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, bölge ekonomisi açısından önem teşkil eden Antepfıstığından izole edilen *N. novaehollandiae* etmenleri ile mücadele olanakları araştırılmış ve ilk kez bu fungusu karşı bu çalışmadaki etken maddeler tekli ve kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. Fungisit çalışması sonunda miselyal kolonizasyonunun %50'sinden fazlasını engellemesi açısından etkili bulunan fungusitler, pyraclostrobin + fluaxapyroxad (P*) ve kombine grup olan pyraclostrobin + fluaxapyroxad + thiophanate-methyl + tetraconazole (P+*Y*) olmuştur. Geri canlandırma testinde, Y* uygulama grubunun fungistatik etki gösterdiği ve miselyal gelişimi durdurduğu; P* ve kombine uygulama (Y*+P*) gruplarının ise fungisidal etkiler gösterdiği ve dolayısıyla bu ortamlardan alınan fungusun fungusit ihtiva etmeyen PDA ortamlarına aktarılması sonucu herhangi bir canlılık belirtisi göstermeyip misellerin öldüğü tespit edilmiştir. Bölgemizde Antepfıstığında *N. novaehollandiae* hastalıklarıyla mücadelede hangi fungusitlerin etkili olabileceği bilinmemektedir. Bu nedenle çalışmamızda hastalığın azaltılmasında etkili olabileceği düşünülen ve *N. novaehollandiae*'ye karşı ruhsatı bulunmayan fungusitler etmene karşı ilk kez çalışılmıştır. Fungistatik etki gösteren fungusitlerin ikinci veya üçüncü uygulama sonucunda hedef fungusu etkisiz hale getirebileceği, ayrıca fungisidal etki gösteren fungusitlerin hastalık etmenlerine karşı daha etkili olabileceği ve bu tür fungusitlerin tercih edilmesi konusunda çiftçilere yol göstereceği kanısına varılmıştır. Özellikle kombine edilen fungusit grubunun (P*+Y*) in vivo koşullarda test edilmesi ile önemli bir aşamaya geçilmiş olacaktır. Farklı fungusitlerin farklı etki mekanizmaları vardır, yani fungusitler, funguslardaki spesifik metabolik veya hücresel süreçleri hedef alırlar. Fungisitlerin fungistatik etkileri, fungusların büyümesini inhibe ederek onları durdururken fungisidal etkileri fungusları tamamen öldürür. Bu etkiler hastalığa yol açan fungusları kontrol altına alarak bitkilerin büyümesini olumlu yönde etkilemekte, verimini

artırmakta ve bitki sağlığını korumaktadır. Fungisitleri çeşitli etkili maddeler ile birleştirerek, funguslarda daha geniş bir hassasiyet aralığı hedeflenebilir, bu da direnç gelişiminin kontrol altına alınmasına ve önlenmesine yardımcı olur. Küresel ısınma ile birlikte daha yaygın ve etkin olarak karşımıza çıkan saprofit özellikteki patojenlerin çevresel stres faktörleri ile birlikte bitkiye stres oluşturmaları kaçınılmaz görülmektedir. Dolayısı ile bu patojenlerin etkili fungusitler ile erken dönemde kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, fungusit uygulamasında arazideki doğal koşulları simüle etmek amacıyla, miselyal diskler fungusit solüsyonuna daldırılarak PDA ortamına ekilmiştir. Klasik yöntemlerle gerçekleştirilen fungusit çalışmaları, fungusitin doğrudan besi ortamına eklenmesi yoluyla, tüm ortamın fungusit ile doyurulmasını sağlar. Bu durumda, fungal etmenin gelişimi sürekli olarak fungusit etkisi altında kalır. Ancak, miselyal disklerin önceden fungusit ile muamele edilip ardından besi ortamına ekilmesi durumunda, fungusitin etkisi fungusların yüzeyinde veya iç yapılarında sınırlı kalmakta, fakat besi ortamında aktif bir fungusit bulunmamaktadır. Bu durum, fungusların fungusit etkisine ilk etapta maruz kalarak gelişiminin yavaşlamasına veya durmasına yol açabilir, ancak zamanla fungusit etkisini atlattıkça veya fungusit etkisini kaybettiğçe fungus yeniden büyümeye başlayabilir.

Bu yöntem, arazi koşullarında fungusit uygulamalarıyla paralellik göstermektedir. Arazi koşullarında fungusitlerin bitki yüzeylerine püskürtülmesiyle, fungusitler doğrudan fungal etmenlere temas eder ve fungusların yüzeyinde veya hücrenel yapılarında geçici bir etki oluşturur. Ancak bu etki, zamanla fungusit kalıntılarının azalması veya çevresel etmenlerle bozulmasıyla sınırlı kalabilir. Laboratuvar ortamında fungusit ile muamele edilen miselyal disklerin besi ortamına ekildiğinde büyümelerinin geçici olarak duraklaması ve ardından yeniden başlaması, arazide bitkilere uygulanan fungusitlerin funguslar üzerindeki anlık

etkisiyle benzerlik göstermektedir. Arazide, fungusitlerin etkisi zamanla azaldığında fungal patojenlerin yeniden aktif hale gelmesi, fungusit uygulamalarının tekrar edilmesi gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen bu çalışma, arazideki geçici fungusit etkisinin simülasyonu olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak görülen *N. novaehollandiae* kaynaklı hastalıklarla mücadelede, yeni kimyasal bileşiklerin geliştirilmesi ve mevcut fungusitlerin rotasyonlu kullanımı kritik bir öneme sahiptir. Bu stratejiler, fungusit direncinin önlenmesine katkıda bulunurken, hastalık yönetiminin etkinliğini de artıracaktır. Çalışmamız, farklı etki mekanizmalarına sahip aktif maddelerin kombinasyonlarından oluşan fungusitlerin, sadece *N. novaehollandiae*'ye değil, aynı zamanda diğer bitki patojenlerine karşı da geniş spektrumlu bir koruma sağladığını ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, bitkilerin bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve tarımsal üretimde daha geniş kapsamlı bir koruma sağlamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, bu kombinasyonların optimizasyonu ve uygulanabilirliği üzerine odaklanarak, sürdürülebilir bitki sağlığı yönetimine katkıda bulunacaktır.

Ek olarak, aşırı pestisit kullanımı, tarımsal ekosistemler üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Toprağın mikrobiyal dengesinin bozulması, yararlı organizmaların yok olması ve su kaynaklarının kirlenmesi, pestisitlerin çevresel ve ekolojik maliyetlerinin en belirgin örneklerindedir. Özellikle, pestisitlerin hedef dışı türlere zarar vererek biyolojik çeşitliliği azaltması ve ekosistemlerin doğal dengesini bozması, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Pestisit direncinin gelişmesi, daha yüksek dozlarda ve daha toksik kimyasalların kullanılmasını gerektirmekte, bu durum da çevresel ve ekonomik maliyetleri artırmaktadır.

Bu bağlamda kombine fungusitlerin kullanımı, *N. novaehollandiae* ve benzeri patojenlere karşı etkili bir strateji olarak öne

çıkılmaktadır. Birden fazla aktif bileşen içermeleri, patojenlerin fungusitlere karşı direnç geliştirme olasılığını azaltmakta ve bu sayede uzun vadede hastalık yönetiminin etkinliğini korumaktadır. Ancak, bu tür fungusitlerin çevresel etkileri dikkatlice değerlendirilmelidir. Özellikle, kombine fungusitlerin farklı iklim ve tarımsal uygulama koşullarındaki etkinliği ve çevresel uyumu göz önünde bulundurularak, doğru doz ve uygulama zamanı belirlenmelidir.

Bu veriler ışığında tarımda fungusit direncinin önlenmesi, ekonomik maliyetlerin kontrol altında tutulması ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Kombine fungusitlerin doğru yönetimi, sadece *N. novaehollandiae* gibi zor kontrol edilen patojenlere karşı değil, aynı zamanda geniş spektrumlu bir koruma sağlayarak tarımsal verimliliği artırmada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, kombine fungusit kullanımı, ekonomik açıdan yüksek değere sahip ürünlerde verim kaybını minimize ederek, yerel ve küresel ölçekte tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, bu yaklaşımlar dikkatli bir şekilde uygulanmalı ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde optimize edilmelidir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

Akgül, D.S., Özarıslandan, M., Erkılıç, A., 2020. Türkiye'nin güneyinde asmada *Botryosphaeria* geriye ölüm hastalığına neden olan fungusların filogenetik ayrımı ve patojenisiteleri. *Plant Protection Bulletin*, 60(2): 63-72.

Alizadeh, M., Safaie, N., Azarbad, H., Mehrabadi, M., Shams-baksh, M., Amini, S., 2024. *Neoscytalidium novaehollandiae* as a causative agent of tree decline in urban forests and its potential for transmission by reservoirs. *Journal of Crop Health*, 76(3): 649–671.

Al Raish, S.M., Saeed, E.E., Sham, A., Alblooshi, K., El-Tarabily, K.A., AbuQamar, S.F., 2020. Molecular characterization and disease control of stem canker on royal poinciana (*Delonix regia*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in the United Arab Emirates. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3): 1033.

Altememe, Z.A., Lahuf, A.A., Abdalmoohsin, R.G., Al-Amirry, A.T., 2019. Occurrence, identification, pathogenicity and control of *Neoscytalidium dimidiatum* fungus, the causal agent of sooty canker on *Eucalyptus camaldulensis* in kerbala province/Iraq. *Plant Archives*, 19(1): 31-38.

Benhamou, N., Belanger, R.R., 1998. Benzimidazole and dicarboximide fungicides: mode of action in phytopathogenic fungi. *Annual Review of Phytopathology*, 36(1): 561-592.

Chuang, M.F., Yang, H.R., Shu, S.L., Lai, S.Y., 2012. First report of stem canker disease of pitaya (*Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. *Plant Diseases*, 96: 906-906.

Crous, P., Slippers, B., Michael, J., Wingfield, M.J., Walter, M.F., Philips, A., Johannes, Z.G., 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in Mycology*, 55: 235-253.

De Oliveira Freitas, M.L., de Carvalho, D.A., de Souza Almeida, R., 2024. Eradication measures and products that inhibit in vitro mycelial growth of the fungus *Neoscytalidium dimidiatum*, the etiological agent of pitaya canker. *Research, Society and Development*, 13(3): e14613345467-e14613345467.

- Dunn, J., Wolfe, M., Trachtenberg, J., Kriesel, J., Orlandi, R., Carroll, K., 2003. Invasive fungal sinusitis caused by *Scytalidium dimidiatum* in a lung transplant recipient. *Journal of Clinical Microbiology*, 41:5817-9.
- Derviş S, Özer G., 2023. Plant-Associated *Neoscytalidium dimidiatum* taxonomy, host range, epidemiology, virulence, and management strategies: a comprehensive review. *Journal of Fungi*, 9(11):1048.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çifçi, O., Ulubaş Serçe, Ç., Dikilitas, M., 2019a. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing canker, shoot blight and root rot of pistachio in Turkey. *Plant Disease*, 103(6): 1411-1411.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çiftçi, O., Ulubaş Serçe, Ç., Dikilitas, M., 2019b. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing black canker and root rot of walnut in Turkey. *Plant Disease*, 103(8): 2129-2129.
- Farr, D. F., Rossman, A. Y., 2018. Fungal databases. systematic mycology and microbiology laboratory. *Australasian Plant Disease Notes*, 13:41.
- Feng, W., Chen, J., Zheng, X., Liu, Q., 2011. Thyme oil to control *Alternaria alternata* in vitro and in vivo as fumigant and contact treatments. *Food Control*, 22(1): 78-81.
- Güldür, M. E., Dikilitaş, M., Kılınç, B., 2024a. Bitkilerde kalite ve kantite kaybına neden olan *Alternaria alternata*'ya karşı bazı fungusitlerin *in vitro* etkinlikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28(1): 60-69.
- Güldür, M., Dikilitaş, M., Kılınç, B., Şimşek, E., 2024b. Şanlıurfa peyzaj bölgelerinde çam ağaçlarında sürgün kurumlarına ve geriye doğru ölümlere neden olan *Alternaria alternata* türünün Türkiye'deki ilk kaydı. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 212-223.
- Gümüş, M., Uygun, A.E., Demirel, Ö., Talapov, T., Akveç, O., Canan, C., 2023. Development of pathogen *Ascochyta* species of wild legumes in different media. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 649-669.
- Güney, İ.G., Özer, G., Türkölmez, Ş., Derviş, S., 2022a. Canker and leaf scorch on olive (*Olea europaea* L.) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Turkey. *Crop Protection*, 157: 105985.
- Güney, İ.G., Bozoğlu, T., Özer, G., Türkölmez, Ş., Derviş, S., 2022b. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* associated with dieback and canker of common fig (*Ficus carica* L.) in Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(3): 701-705.
- Gvozdeva, M.S., Volkova, G.V., 2022. Study of the effect of combined fungicide abacus ultra on the population structure of wheat brown rust pathogen. *South of Russia: Ecology, Development*, 17(4): 79-87.
- Horsfield, A., Wicks, T., Davies, K., Wilson, D., Paton, S., 2010. Effect of fungicide use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield. *Australasian Plant Pathology*, 39: 368-375.
- Hussien, R.A., Gneddy, M.M., Sayed, A.A., Bondok, A., Alkhalifah, D.H.M., Elkesh, A., Tawfik, M.M., 2022. Evaluation of the fungicidal effect of some commercial disinfectant and sterilizer agents formulated as soluble liquid against *Sclerotium rolfsii* infected tomato plant. *Plants*, 11(24): 3542.
- Iwaniuk, P., Lozowicka, B., 2020. Inhibitory and synergistic effect of novel combined active substances of fungicides against selected plant pathogens. *Feb Fresenius Environmental Bulletin*, 29(4): 2719-2724.
- Karakuş, Y., Yiğit, T., Oksal, E., 2024. Evaluation of some chemical and biological fungicides for controlling stem canker on apricot trees caused by *Neoscytalidium dimidiatum*. *Research Square*, 1-26.

- Kenfaoui, J., Amiri, S., Goura, K., Radouane, N., Mennani, M., Belabess, Z., Tahiri, A., Fontaine, F., Ait Barka, E., El Ghadraoui, L., Lahlali, R., 2024. Uncovering the hidden diversity of fungi associated with grapevine trunk diseases in the Moroccan vineyards. *tropical plant pathology*, 49: 662–688.
- Kılınç, B., ve Güldür, M. E., 2020. In vitro activities of some fungicides against the factor of *Neoscytalidium dimidiatum* obtained from pistachio in Sanliurfa. *International Marmara Sciences Congress (IMASCON spring)*, Conference Proceedings Book, 19-20 June, Kocaeli, s.749-756.
- Kılınç, B., 2021. Şanlıurfa İlinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve moleküler karakterizasyonu ve in vitro fungusit duyarlılığı. Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Kılınç, B., Güldür, M., Dikilitaş, M., 2022. Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1): 25-39.
- Kılınç, B., Güldür, M., Dikilitaş, M., 2023. Farklı sıcaklık koşullarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin misel ve konidi gelişimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(4): 589-594.
- Kılınç, B., Dikilitaş, M., Güldür, M., 2024. Fungisidal etkinlik çalışmalarında besi ortamlarına antibiyotik eklenmesinin misel gelişimi üzerine etkinliğinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 234-241.
- Köycü, N.D., Özer, C., Solak, E., Delen, N., 2018. Farklı fungusit uygulama programlarında semillon üzümünde *Botrytis cinerea*'nin enfeksiyonu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(3): 61-67.
- Köycü, N.D., Sukut, F., 2018. Buğdayda *Fusarium culmorum*'a ruhsatlı olmayan fungusitlerin patojen üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 26-35.
- Kurt, S., Uysal, A., Soylu, E.M., Kara, M., Soylu, S., 2019. First record of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with pistachio dieback in the Southeastern Anatolia region of Turkey. *Mycologia Iranica*, 6(1): 5–57.
- Luo, Z.H., Liu, P.F., Qi, H., Chen, X.G., Zhang, J., Sun, C., Lou, B.G., 2024. First report of branch dieback caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on *Styphnolobium japonicum* in China. *Plant Disease*, 108(3): 786.
- Mayorquin, J.S., Wang, D.H., Twizeyimana, M., Eskalen, A., 2016. Identification, distribution, and pathogenicity of Diatrypaceae and Botryosphaeriaceae associated with *citrus* branch canker in the southern California desert. *Plant Disease*, 100(12): 2402-2413.
- Mayorquin, J.S., 2017. Management of canker and dieback diseases of *Citrus* and *Sycamore* in California (Doctoral dissertation, UC Riverside).
- Mecteau, M.R., Arul, J., Tweddell, R.J., 2008. Effect of different salts on the development of *Fusarium solani* var. *coeruleum*, a causal agent of potato dry rot. *Phytoprotection*, 89(1): 1-6.
- Murad, N.Y., Al-Dabagh, M.N., 2014. Evaluation some of pesticides in control of *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz) Crous and Slippers causing wilt and canker on cypress trees in Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 19: 25-38.
- Oren, Y., Sadowsky, A., Gefen, D., Solel Z., Kimchy, M., 2001. *Scytaalidium* wilt of citrus. *European Journal of Plant Pathology*, 107: 467–470.

- Ören, E., Koca, G., Gencer, R., Bayraktar, H., 2020a. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1): 17.
- Ören, E., Koca, G., Bayraktar, H., 2020b. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with branch dieback on Japanese persimmon in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102: 1311–1312.
- Pavlic, D., Wingfield, M.J., Barber, P., Slippers, B., Hardy, G.E., Burgess, T.I., 2008. Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia*, 100: 851–866.
- Polizzi, G., Aiello, D., Vitale, A., Giuffrida, F., Groenewald, Z., Crous, P.W., 2009. First report of shoot blight, canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on citrus in Italy. *Plant Disease*, 93: 1215.
- Ray, J.D., Burgess, T., Lanoiselet, V.M., 2010. First record of *Neoscytalidium dimidiatum* and *N. novaehollandiae* on *Mangifera indica* and *N. dimidiatum* on *Ficus carica* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 5(1): 48-50.
- Sharma, G., Elazar, M., Maymon, M., Meshram, V., Freeman, S., 2024. Identification and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neoscytalidium* species associated with mango (*Mangifera indica*) dieback disease in Israel. *Phytoparasitica*, 52: 8.
- Shokoohi, G.R., Ansari, S., Abolghazi, A., Gramishoar, M., Nouripour-Sisakht, S., Mirhendi, H., Makimura, K., 2020. The first case of fingernail onychomycosis due to *Neoscytalidium novaehollandiae*, molecular identification and antifungal susceptibility. *Journal de mycologie medicale*, 30(1): 100920.
- Singler, L., Summerbell, R., Poole, L., Wieden, M., Sutton, D., Rinaldi, M., 1997. Invasive *Natrassia mangifera* infections: Literature review, and therapeutic and taxonomic appraisal. *Journal of Clinical Microbiology*, 35:433-40.
- Sür, A.E., 2020. Kayısıda *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers'a karşı *in vitro* kimyasal mücadele olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Townsend, G.R., 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter*, 27:340-343.
- Travadon, R., Lawrence, D.P., Li, S., Trouillas, F.P., 2023. Evaluation of biological control agents for the protection of almond pruning wounds against infection by fungal canker pathogens. *Phytopathology*, 113(8): 1417-1427.
- Türkölmez, Ş., Derviş, S., Çiftçi, O., Serçe, Ç. U., Dikilitas, M., 2019a. New disease caused by *Neoscytalidium dimidiatum* devastates tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in Turkey. *Crop Protection*, 118:21-30.
- Türkölmez, Ş., Derviş, S., Çiftçi, O., Dikilitas, M., 2019b. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing shoot and needle blight of pines (*Pinus* spp.) in Turkey. *Plant Disease*, 103(11): 2960-2961.
- Türkölmez, Ş., Derviş, S., Çiftçi, O., Ulubaş Serçe, Ç., Türkölmez, C.G., Dikilitas, M., 2019c. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing dieback, shoot blight, and branch canker of willow trees in Turkey. *Plant disease*, 103(8): 2139-2139.
- Mitra, S., 2024. Dragon Fruit: Botany, Production and Uses, CABI, USA, p. 183-220.

Von Arx, J.A., 1987. Plant Pathogenic Fungi. (Ed: J. Cramer). CABI Digital Library, Netherlands, pp. 288.

Vilgalys, R., Hester, M., 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172: 4238–4246.

Yadav, S.L., Ghasolia, R.P., Sharma, J., 2022. Management of root rot (*Rhizoctonia sotano*) of fenugreek through newer combined formulations of fungicides. *Legume Research An International Journal*, 45(2): 269-272.

Atıf Şekli	Kılınç, B., Güldür, M.E., Dikilitaş, M., 2025. Bitkilerde Ekonomik Kayıplara Neden Olan <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> Türüne Karşı Bazı Fungisitlerin Etkinliğinin Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(1): 22-35. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14160758 .
To Cite	Kılınç, B., Güldür, M.E., Dikilitaş, M., 2025. Determination of Efficacy of Some Fungicides Against <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> Species Causing Economic Losses in Plants. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(1): 22-35. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14160758 .



The Effect of Salinity Stress on the Germination and Early Growth Parameters of Selected Ryegrass Species

Şükrü Sezgi ÖZKAN ^{1*}, Esra ÇETİNKAYA ÖZKAN ²

¹ Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir

² Fırat University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Elazığ

*Corresponding author: sukru.sezgi.ozkan@ege.edu.tr

Abstract

Ryegrass (*Lolium* sp.) species are widely utilized in turfgrass areas worldwide due to their rapid establishment, aesthetic appeal, and adaptability to various environmental conditions. Salt stress is a significant environmental factor that adversely affects the growth and development of turfgrass species; this situation particularly threatens the health and performance of turfgrasses during the germination phase. The objective of the study was to evaluate the germination and early growth parameters of four different ryegrass species (annual ryegrass "*Lolium multiflorum*" cv. Axcella, diploid perennial ryegrass "*Lolium perenne*" cv. Sun, tetraploid perennial ryegrass "*Lolium perenne*" cv. Tetragreen, and intermediate ryegrass "*Lolium hybridum*" cv. TransAm) under different salinity stress levels (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 g L⁻¹ sodium chloride-NaCl). In the study, germination rate (%), shoot and root length (cm), shoot and root fresh weight (mg), vigor index, salt tolerance index (%), and thousand-seed weight (g) parameters were determined. According to the results, salinity stress levels had significant effects on all treatments. The selected ryegrass species demonstrated better growth under a salinity stress level of 2.5 g L⁻¹ than the control. However, as the salt concentration increased, significant declines were observed in both germination and early growth, starting at 7.5 g L⁻¹. Among the species, annual ryegrass cv. Axcella exhibited better performance under salinity stress. Additionally, the correlation coefficient results indicated a positive and significant correlation among all parameters, except for those involving the thousand-seed weight.

Research Article

Article History

Received :24.08.2024

Accepted :28.09.2024

Keywords

Turfgrass
germination
salinity
thousand-seed weight
correlation

1. Introduction

Salinity stress has become a significant issue in turfgrass management, as in many other fields (Huang et al., 2014). Improper agricultural or landscape irrigation practices, particularly in arid and semi-arid regions with poor natural drainage conditions, can lead to salinity problems (Kara et al., 2005). In efforts to conserve freshwater resources, recycled, waste, or reclaimed non-potable water may become an important irrigation source for turfgrass in these regions (Marcum, 2006). Salinity is expressed in decisiemens (dS m^{-1}). Soil salinity exceeding 4 dS m^{-1} causes plants to suffer damage, and at salinity levels above 15 dS m^{-1} , only a few turfgrass species can thrive (Karaguzel, 2007). Salts present in the germination medium increase the osmotic pressure of the environment, preventing seeds from absorbing water or negatively affecting germination due to the toxic effects of ions such as Na^+ and Cl^- (Essa, 2002).

Species of the genus ryegrass (*Lolium* sp.), in addition to being the most widely used cool-season (C_3) turfgrasses globally, are commonly employed for overseeding warm-season (C_4) turfgrasses, especially in Mediterranean and similar climates, to mitigate winter discoloration (Christians, 2011). The ryegrass genus includes perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), and their hybrid, intermediate ryegrass (*Lolium hybridum*), all of which can be used in turfgrass areas. Of these species, perennial ryegrass is commonly utilized in modern turf systems due to its superior quality (Turgeon, 2005). Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), with its diploid chromosome structure ($2n=2x=14$), is widely used in applications ranging from home lawns to sports fields due to its characteristics, such as rapid establishment, high wear tolerance, the ability to withstand low mowing heights, and medium-fine leaf texture (Cereti et al., 2010). Through breeding programs, tetraploid perennial ryegrass varieties (*Lolium perenne* L., $2n=4x=28$) have been developed and introduced to the market, featuring superior germination and vigor compared to diploid

varieties. These tetraploid varieties also possess excellent colour and quality parameters and the ability to provide a uniform spring transition, especially in overseeding applications for warm-season turfgrasses (Richardson et al., 2007; Summerford et al., 2009).

Perennial ryegrass is moderately tolerant to salinity and can tolerate soil electrical conductivity (EC) ranging from 4 to 8 dS m^{-1} (Harivandi et al., 1992). Annual and hybrid ryegrass species are more salt-sensitive, tolerating soil EC between 3 and 5 dS m^{-1} (Marcum, 2006). Nizam (2011) reported that in perennial ryegrass, germination decreased by 79.3% at 24 dS m^{-1} compared to the control, and both root and shoot fresh and dry weights significantly decreased above 8 dS m^{-1} . Studies by Kusvuran et al. (2015) and Tatar et al. (2018), which examined the effects of different salt concentrations on the germination and seedling development of perennial ryegrass varieties, found that as salt concentrations increased, germination rate, shoot length, root length, shoot fresh weight, root fresh weight, and salt tolerance index decreased. Many researchers investigating the effects of salinity on turfgrass germination have expressed that increasing salt concentrations negatively affect germination and seedling growth (Qian et al., 2007; Dai et al., 2009).

Although numerous studies exist on the salinity tolerance range of diploid varieties of perennial ryegrass, research on the salinity tolerance of seeds from tetraploid perennial ryegrass and other ryegrass species, which have become increasingly popular in turfgrass areas in recent years, is limited. This study aims to determine the salinity tolerance of some widely used worldwide ryegrass species during germination and the early growth stage.

2. Materials and Methods

This study was conducted in 2021 at the Seed Laboratory of Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ege University, to determine the effects of different salinity stress levels on the germination and early growth parameters of selected ryegrass (*Lolium* sp.) species. Four different ryegrass species

(annual ryegrass “*Lolium multiflorum*” cv. Axcella, diploid perennial ryegrass “*Lolium perenne*” cv. Sun, tetraploid perennial ryegrass “*Lolium perenne*” cv. Tetragreen, and intermediate ryegrass “*Lolium perenne x Lolium multiflorum - Lolium hybridum*” cv. TransAm) were used as plant material in the experiment.

The experimental design was a randomized plot design with four replications. The solutions with six different salinity levels (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 g L⁻¹) for salinity stress were adjusted using sodium chloride (NaCl). Distilled water was used as the control solution.

Firstly, thousand-seed weights of selected ryegrass species were calculated based on the weight of four subsamples of 100 seeds (ISTA, 2018). Then, seeds were initially treated with a 1.0% solution of sodium hypochlorite (NaClO) for 5 min for surface sterilization. Residual chlorine was eliminated by thorough washing of seeds with distilled water.

For the germination tests, 96 glass petri dishes with a diameter of 15 cm were used. Fifty seeds were placed on double-layered

Whatman’s No.1 filter papers inside the petri dishes. Ten milliliters of solution containing different doses of salt (NaCl) were added to each petri dish (Delatorre-Herrera and Pinto, 2009), and the papers were replaced every two days to prevent the accumulation of salts (Rehman et al., 1997). To prevent evaporation, petri dishes were put into locked transparent plastic bags (Kaya et al., 2005). Salt tolerance tests during the germination period were conducted in a growth chamber with a fixed temperature of 20±1°C under dark conditions for 10 days (ISTA, 2018).

Daily observations were conducted for the evaluated parameters, and seeds were considered germinated once root lengths exceeded 2 mm (ISTA, 2018). The germinated seeds were counted and converted to percentages. Shoot/root lengths and shoot/root fresh weights were measured on ten seedlings at the end of the 10th day. Root and shoot lengths of the selected seedlings were measured using a millimeter ruler. The vigor index (Hu et al., 2005) and salt tolerance index (Budakli Carpici et al., 2009) were calculated using the specified formulas:

$$\text{Vigor Index} = [\text{Germination percentage} \times (\text{root length} + \text{shoot length})]$$

$$\text{Salt Tolerance Index} = (\text{Total fresh weight at } S_x / \text{Total fresh weight at } S_0) \times 100$$

S_x : Salt concentration, S_0 : Control

All data were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) in the Statistical Analysis System (SAS Institute, 2012). Differences with a probability of 0.05 or less were considered significant. If ANOVA identified significant differences between treatment means, the least significant difference (LSD) test was conducted to distinguish them (Johnson and Bhattacharyya, 2019). Additionally, Pearson’s correlation analysis was applied following Crawford (2006) to examine the relationships between parameters under salinity stress.

3. Results and Discussion

3.1. Thousand-seed weight

Following ISTA (2018) guidelines, the thousand-seed count was conducted in four replicates for each ryegrass species, and the thousand-seed weight was calculated accordingly (Figure 1). Among the four ryegrass species examined, the highest average thousand-seed weight was recorded in intermediate ryegrass cv. TransAm seeds at 3.20 g, while the lowest was found in diploid perennial ryegrass cv. Sun seeds at 1.78 g.

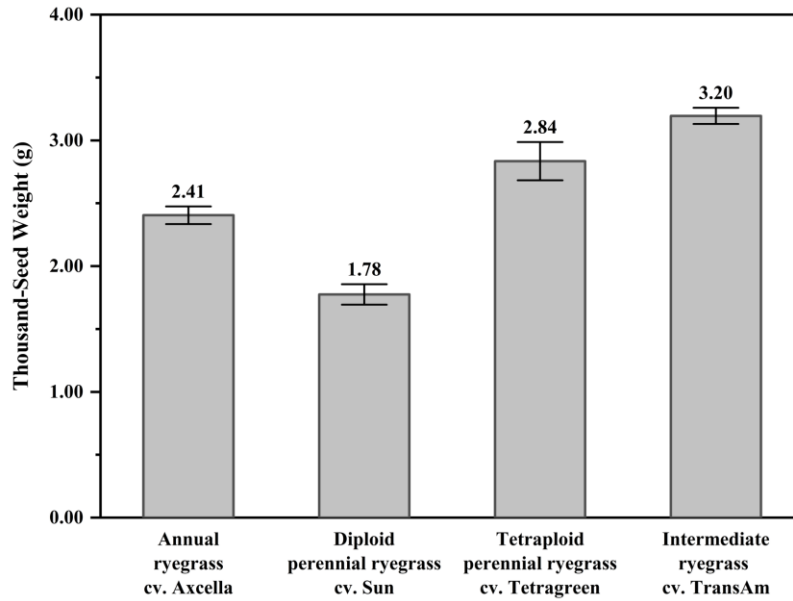


Figure 1. Thousand-seed weight values of selected ryegrass species

3.2. Germination rate

It was determined that germination rates differed according to species and salt doses, and these differences also had significant effects on the interaction (Table 1). Therefore, when interaction values are examined, it is noted that germination rates range between 36.00 and 98.50%. The highest germination rate was obtained from tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen seeds at the control dose. Conversely, the lowest germination rates were recorded at 12.5 g L⁻¹ dose, with 36.00 and 36.50% for tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen and intermediate ryegrass cv. TransAm seeds, respectively. Regarding the species examined, the highest average germination rate was 83.00% for tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen and 81.17% for diploid perennial ryegrass cv. Sun seeds, while the lowest average value was 75.00% for intermediate ryegrass cv. TransAm. The significance of salt doses suggested a decreasing trend in germination rates as the dose increases. The highest average germination rate was observed in the control

treatment (96.75%), while the lowest was found at the 12.5 g L⁻¹ salt dose (40.38%).

Germination is one of the most critical stages of a plant's life cycle, and plants are susceptible to salt stress during this period (Salisbury and Ross, 1992). Typically, the highest germination rates occur in salt-free conditions, with increasing salt concentration negatively affecting germination and seedling development (Shiade and Boelt, 2020; Tenikecier and Ates, 2022; Faraj et al., 2023). This result is thought to be due to the toxic effect of increased salt ions and the adverse impact of osmotic pressure on seed water uptake (Liu et al., 2023). Numerous researchers have reported that responses to salt concentrations vary significantly among plant species and varieties, with an overall decrease in germination rates as salt concentration increases (Kokten et al., 2010; Karakoy et al., 2012; Zhang et al., 2012; Kusvuran et al., 2014a; Kusvuran et al., 2014b; Demiroglu Topcu et al., 2016; Borawska-Jarmulowicz et al., 2017; Ceritoglu et al., 2020; Tod et al., 2021; Ozkan et al., 2022; Yesil et al., 2022).

Table 1. Effect of salinity stress on germination and early growth parameters of selected ryegrass species

Salinity Levels (g L ⁻¹)	Species					Mean
	Annual ryegrass cv. Axcella	Diploid perennial ryegrass cv. Sun	Tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen	Intermediate ryegrass cv. TransAm		
Germination Rate (%)						
0.0	96.00 ab	96.50 ab	98.50 a	96.00 ab	96.75 a	
2.5	88.50 cd	95.00 ab	96.50 ab	94.00 ab	93.50 b	
5.0	87.00 d	92.50 bc	95.00 ab	85.00 de	89.88 c	
7.5	86.50 d	88.00 cd	93.50 b	81.00 ef	87.25 d	
10.0	65.00 h	72.50 g	78.50 f	57.50 i	68.38 e	
12.5	46.50 j	42.50 j	36.00 k	36.50 k	40.38 f	
Mean	78.25 b	81.17 a	83.00 a	75.00 c	79.35	
C.V.=4.04%		LSD (0.05)	S: 1.84**	L: 2.26**	S x L: 4.51**	
Shoot Length (cm)						
0.0	10.46 bc	7.41 gh	9.98 cd	9.23 de	9.27 a	
2.5	11.48 a	7.40 gh	10.85 ab	8.51 ef	9.56 a	
5.0	10.49 bc	7.35 gh	9.40 d	7.44 gh	8.67 b	
7.5	9.24 de	5.89 i	8.10 fg	5.37 ij	7.15 c	
10.0	6.81 h	3.98 kl	4.69 jk	3.60 l	4.77d	
12.5	4.84 j	2.18 m	2.01 m	1.93 m	2.74 e	
Mean	8.89 a	5.70 c	7.50 b	6.01 c	7.03	
C.V.=8.56%		LSD (0.05)	S: 0.35**	L: 0.42**	S x L: 0.85**	
Root Length (cm)						
0.0	7.95 a	4.35 f-h	7.56 a	5.64 b-d	6.38 a	
2.5	7.55 a	4.59 e-h	6.11 b	5.01 d-g	5.82 b	
5.0	7.50 a	4.54 e-h	5.99 bc	4.25 g-i	5.57 b	
7.5	5.40 b-e	3.90 hi	5.16 c-f	3.41 i	4.47 c	
10.0	4.83 d-g	2.39 j	3.83 hi	1.96 j-l	3.25 d	
12.5	2.09 jk	1.25 kl	1.94 j-l	1.18 l	1.61 e	
Mean	5.89 a	3.50 c	5.10 b	3.58 c	4.52	
C.V.=13.63%		LSD (0.05)	S: 0.35**	L: 0.43**	S x L: 0.87**	
Shoot Fresh Weight (mg)						
0.0	9.67 c	7.00 e	10.75 b	9.24 c	9.17 b	
2.5	12.12 a	8.02 d	12.24 a	6.90 e	9.82 a	
5.0	10.86 b	6.84 e	11.21 b	5.91 f	8.71 c	
7.5	8.39 d	5.47 fg	7.88 d	5.33 fg	6.77 d	
10.0	5.92 f	4.23 h	4.46 h	4.50 h	4.78 e	
12.5	5.20 g	3.13 i	1.27 k	2.00 j	2.90 f	
Mean	8.69 a	5.78 c	7.97 b	5.65 c	7.03	
C.V.=6.34%		LSD (0.05)	S: 0.26**	L: 0.31**	S x L: 0.63**	
Root Fresh Weight (mg)						
0.0	1.66 a	0.82 fg	1.59 ab	1.26 c	1.33 a	
2.5	1.60 ab	0.99 d-f	1.42 bc	1.06 d	1.27 a	
5.0	1.54 ab	0.95 d-f	1.28 c	0.92 d-g	1.17 b	
7.5	1.01 de	0.76 g	1.04 d	0.76 g	0.89 c	
10.0	0.89 d-g	0.55 h	0.84 e-g	0.40 hi	0.67 d	
12.5	0.56 h	0.33 i	0.49 hi	0.31 i	0.42 e	
Mean	1.21 a	0.73 c	1.11 b	0.79 c	0.96	
C.V.=13.97%		LSD (0.05)	S: 0.08**	L: 0.09**	S x L: 0.19**	
Vigor Index						
0.0	1769.3 a	1134.7 hi	1727.2 ab	1426.2 e	1514.3 a	
2.5	1683.3 a-c	1139.6 g-i	1636.7 bc	1271.0 f	1432.6 b	
5.0	1565.5 cd	1101.2 ij	1460.5 de	993.7 j	1280.2 c	
7.5	1263.5 fg	862.6 k	1239.1 f-h	710.1 l	1018.8 d	
10.0	755.0 kl	460.5 m	668.2 l	320.5 n	551.0 e	
12.5	322.7 n	145.0 o	142.0 o	113.5 o	180.8 f	
Mean	1226.5 a	807.3 c	1145.6 b	805.8 c	996.3	
C.V.=8.86%		LSD (0.05)	S: 50.7**	L: 62.1**	S x L: 124.2**	
Salt Tolerance Index (%)						
0.0	100.00 c	100.00 c	100.00 c	100.00 c	100.00 b	
2.5	121.35 a	115.26 ab	110.71 b	75.85 ef	105.79 a	
5.0	109.47 b	99.65 c	101.21 c	65.07 g	93.85 c	
7.5	83.00 d	79.72 de	72.28 f	58.01 h	73.26 d	
10.0	60.13 gh	61.15 gh	42.95 j	46.65 ij	52.72 e	
12.5	50.98 i	44.25 ij	14.27 l	22.03 k	32.88 f	
Mean	87.49 a	83.34 b	73.57 c	61.27 d	76.42	
C.V.=6.53%		LSD (0.05)	S: 2.87**	L: 3.51**	S x L: 7.03**	

ns: non-significant, S: species, L: salinity level, *: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level

3.3. Shoot length

An analysis of the effects of different salinity levels on shoot length in selected ryegrass species revealed statistically significant differences (Table 1). The highest shoot length (11.48 cm) was observed in the 2.5 g L⁻¹ treatment with annual ryegrass cv. Axcella seeds, while the lowest (1.93 cm) occurred in the 10.0 g L⁻¹ treatment with intermediate ryegrass cv. TransAm seeds. Shoot lengths decreased as salinity increased. During germination, shoot length is a critical indicator of seedling vigor and overall plant health. Environmental stresses such as salinity can significantly reduce shoot elongation, directly affecting plant establishment and growth (Salisbury and Ross, 1992). Researchers have frequently highlighted the negative impact of salt stress on shoot development in plants (Borawska-Jarmulowicz et al., 2017; Demiroglu Topcu and Ozkan, 2020; Ertekin, 2021; Javaid et al., 2022; Tang et al., 2022). Additionally, salinity is generally reported to affect aboveground plant parts more severely than belowground parts (Pawlowicz et al., 2018).

3.4. Root length

Root lengths varied depending on both species and salinity levels, with these differences also significantly impacting the interaction (Table 1). An examination of the interaction values reveals that shoot lengths ranged from 1.18 to 7.95 cm. The longest root length (7.95 cm) was recorded in the control treatment with seeds from annual ryegrass cv. Axcella. Conversely, the shortest root length (1.18 cm) was observed in the 12.5 g L⁻¹ treatment with seeds from intermediate ryegrass cv. TransAm. Root development is a crucial factor in salt tolerance, with optimal root growth occurring when there is no salt stress during germination. High levels of Na⁺ ions increase osmotic pressure in favor of soil water and induce ion toxicity, preventing the seed from absorbing water. This condition hinders plant growth and development (Nizam, 2011). The responses of plant species to salt concentrations differ considerably, and a reduction in root length with increasing salt

concentrations has been reported by many researchers (Muscolo et al., 2003; Nizam, 2011; Kusvuran et al., 2015; Borawska-Jarmulowicz et al., 2017; Xie et al., 2021; Yesil et al., 2022). Reductions in root development due to salt stress are known to result from decreased water uptake by the plant (Liu et al. 2023). In light of this information, root length emerges as a key parameter that can be used to select salt-tolerant genotypes (Khan et al., 2003).

3.5. Shoot fresh weight

Data revealed that different salinity levels had statistically significant effects on the shoot fresh weights of ryegrass species (Table 1). In the study, the highest shoot fresh weight was recorded for tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen and annual ryegrass cv. Axcella seeds, with 12.24 mg and 12.12 mg at the 2.5 g L⁻¹ salt dose, respectively. The lowest shoot fresh weight was recorded for tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen seeds, with 1.27 mg at the 12.5 g L⁻¹ salt dose. A serious decrease in shoot fresh weight was observed across the different ryegrass species as salt concentration increased. The shoot fresh weight value of 9.82 mg obtained at the 2.5 g L⁻¹ salt dose decreased to 2.90 mg at the 12.5 g L⁻¹ dose. Salinity is known not only to exert osmotic stress on plants but also to cause damage due to the toxic effects of ions. In many plant species, significant growth retardation is observed as ion concentrations, particularly Na⁺ and Cl⁻, increase under saline conditions. Additionally, NaCl reduces the rate of photosynthesis and increases the rate of respiration, resulting in a decline in net photosynthesis and subsequently hindering plant growth (Salisbury and Ross, 1992). Demiroglu Topcu et al. (2016) reported that high salt concentrations increase the osmotic pressure in the environment, thereby reducing water absorption and leading to a decrease in fresh weight. Similar studies with grass species have demonstrated a reduction in shoot fresh weight with increasing salt concentrations (Tatar et al., 2018; Yilmaz and Kisakurek, 2018; Turk and Alagoz, 2020; Tod et al., 2021; Ertekin, 2021; Ozkan et al., 2022).

Furthermore, it is reported that significant differences exist between varieties in terms of shoot fresh weight, and that salt-tolerant varieties selected based on shoot development should be cultivated in areas facing salinity problems (Liu et al., 2023).

3.6. Root fresh weight

The effects of different salinity levels on the root fresh weights of ryegrass species were statistically significant (Table 1). The highest root fresh weight (1.66 mg) was observed in annual ryegrass cv. Axcella seeds in the control treatment, whereas the lowest values were recorded for intermediate ryegrass cv. TransAm and diploid perennial ryegrass cv. Sun seeds, with 0.31 and 0.33 mg at the 12.5 g L⁻¹ dose, respectively. Similar to shoot fresh weight, root fresh weight decreased as salt concentration increased. The highest average root fresh weight (1.33 mg) was obtained from the control, while the lowest (0.42 mg) was observed at the 12.5 g L⁻¹ salt dose. Among the species, annual ryegrass cv. Axcella had the highest average root fresh weight at 1.21 mg, while the lowest average values were recorded for diploid perennial ryegrass cv. Sun (0.73 mg) and intermediate ryegrass cv. TransAm (0.79 mg). It is known that salinity in growth environments impacts root fresh weight, as salt stress limits water uptake, leading to reduced fresh weight (Salisbury and Ross, 1992; Munns, 2002). Previous studies have noted that perennial ryegrass varieties respond differently to salt concentrations, though root fresh weight decreases across all varieties as salt levels rise (Nizam, 2011; Kusvuran et al., 2015; Tatar et al., 2018; Yilmaz and Kisakurek, 2018; Tod et al., 2021; Javaid et al., 2022; Tenikecier and Ates, 2022). Our findings confirmed that increasing salinity levels significantly reduced root fresh weights in the selected ryegrass species.

3.7. Vigor index

The effects of different salinity levels on the vigor index of selected ryegrass species revealed statistically significant differences (Table 1). The highest vigor index value of 1769.3 was obtained from annual ryegrass cv. Axcella seeds in the control treatment. A

substantial decrease in vigor index was observed with increasing salt doses, with the lowest values recorded for intermediate ryegrass cv. TransAm, tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen, and diploid perennial ryegrass cv. Sun, yielding indices of 113.5, 142.0, and 145.0, respectively. Significant reductions in vigor index values were noted as salinity level increased. The highest average vigor index value was recorded in the control application at 1514.3, while the lowest average value occurred at the 12.5 g L⁻¹ salt dose, at 180.8. Among the ryegrass species, the highest average vigor index value was found in annual ryegrass cv. Axcella seeds at 1226.5, whereas the lowest average values were recorded in intermediate ryegrass cv. TransAm (805.8) and diploid perennial ryegrass cv. Sun (807.3). Tatar et al. (2018) reported a decrease in the vigor index with increasing salt concentration on perennial ryegrass, with the lowest vigor index observed at the highest salt concentration. Ozturk et al. (2018) applied salt stress to tall fescue seeds pretreated with polyethylene glycol and observed the highest vigor index in the control group. Similarly, Shiade and Boelt (2020) and Yesil et al. (2022) noted in their studies that salinity stress negatively affected the vigor index. Our study aligns with these findings, confirming that increasing salinity level leads to declines in vigor index values.

3.8. Salt tolerance index

Statistical analysis results regarding the salt tolerance index indicated significant differences at the 0.05 level among ryegrass species, salinity level, and their interaction (Table 1). Although the salt tolerance index tended to decrease after a 2.5 g L⁻¹ salt dose, the varying responses of the examined ryegrass species to salinity levels contributed to the significance of the interaction. The study showed that the salt tolerance index ranged from 75.85 to 121.35% under the 2.5 g L⁻¹ salt dose, while it varied from 14.27 to 50.98% under the 12.5 g L⁻¹ salt dose, indicating that the response of ryegrass species to salinity can be quite different. The highest salt tolerance index of 121.35% was recorded for seeds of

annual ryegrass cv. Axcella at the 2.5 g L⁻¹ salt dose, whereas the lowest value of 14.27% was obtained from tetraploid perennial ryegrass cv. Tetragreen at the 12.5 g L⁻¹ salt dose. The study revealed a significant decrease in salt tolerance index values with increasing salinity levels, with the highest average value of 105.79% recorded at the 2.5 g L⁻¹ salt dose, while the lowest average value was 32.88% at the 12.5 g L⁻¹ salt dose. Among ryegrass species, the highest average salt tolerance index value was found to be 87.49% in seeds of annual ryegrass cv. Axcella, while the lowest average value of 61.27% was recorded in seeds of intermediate ryegrass cv. TransAm.

The ability of plants to maintain growth and development in environments with elevated salt levels is defined as salt tolerance (Liu et al., 2023). Under saline conditions, plants typically accumulate Na⁺ and Cl⁻ ions in their roots, stems, and leaves. This ion accumulation in various plant organs can impede growth and significantly impact salt tolerance (Salisbury and Ross, 1992; Munns, 2002). Researchers have indicated that the salt tolerance index decreases with increasing salinity levels (Kusvuran et al., 2015; Tatar et al., 2018; Turk and Alagoz, 2020; Xie et al., 2021; Tod et al.,

2021; Tenikecier and Ates, 2022). In our study, a marked decrease in salt tolerance index values was observed with rising salinity levels. However, the negative impact of increasing salinity on annual ryegrass cv. Axcella and diploid perennial ryegrass cv. Sun seeds were significantly less pronounced compared to other species.

3.9. Correlation analysis

The correlation coefficient of the studied parameters was analyzed by Pearson's correlation. The Pearson correlation matrix illustrates the relationships between various measured parameters, with correlation coefficients ranging from -1.00 to 1.00. A positive correlation is shown in red, while a negative correlation is shown in blue, with darker colors indicating stronger correlations. The correlation among the studied parameters is presented in Figure 2. Thousand-seed weight showed weak correlations with most other parameters, including a negative relationship with salt tolerance index (-0.28) and germination rate (-0.07), and near-zero correlations with shoot length (0.04), root length (0.04), shoot fresh weight (0.02), root fresh weight (0.08), and vigor index (0.03), indicating little or no linear relationships.

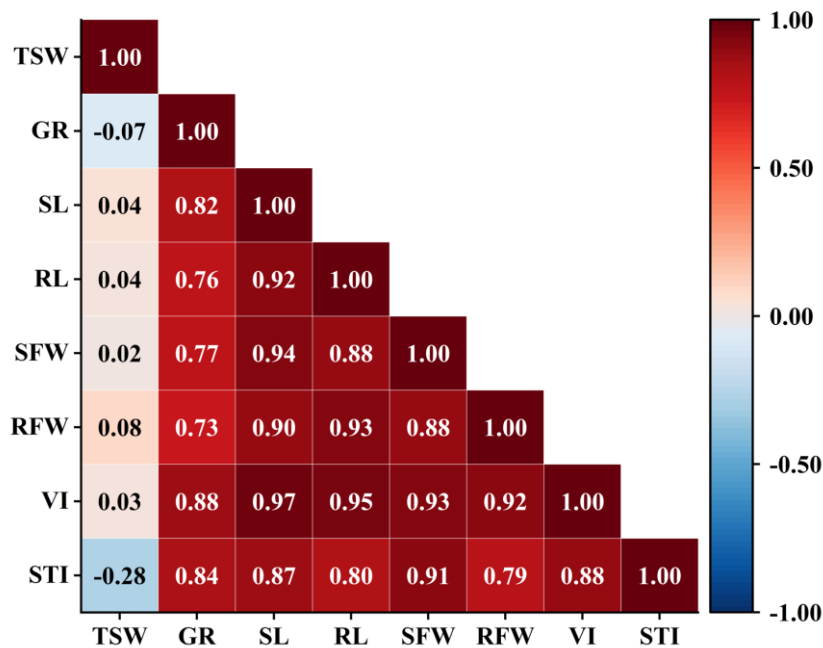


Figure 2. The correlation coefficient of the studied parameters

TSW: thousand-seed weight, GR: germination rate, SL: shoot length, RL: root length, SFW: shoot fresh weight, RFW: root fresh weight, VI: vigor index, STI: salt tolerance index

In contrast, germination rate exhibited strong positive correlations with growth parameters such as shoot length (0.82), root length (0.76), shoot fresh weight (0.77), root fresh weight (0.73), vigor index (0.88), and salt tolerance index (0.84), suggesting that higher germination rates were associated with increased growth performance. Similarly, shoot length, root length, shoot fresh weight, and root fresh weight were highly correlated with one another, indicating that these growth parameters tended to increase together. Notably, the salt tolerance index showed strong positive correlations with growth variables but a negative relationship with thousand-seed weight, suggesting that larger seed weights might not have been beneficial under salinity stress conditions.

4. Conclusions

In every city, particularly in turf areas, which are fundamental to landscape design, the plant materials must be resistant to environmental factors in the respective ecology to ensure the sustainability and economic viability of the established facilities. It is known that the responses of plant species to stress conditions vary significantly. To successfully cultivate suitable plants under specific conditions, it is essential to understand these responses and adjust the environment to meet the plants' needs.

In this study, the adaptation of some ryegrass species, commonly used in turf areas, to saline conditions was tested under laboratory conditions. The results indicated that the salt concentrations applied to the selected ryegrass species had significant effects on the studied parameters. Moreover, the correlation coefficient results revealed a positive, significant correlation among all combinations, except for those involving the thousand-seed weight. The selected ryegrass species examined exhibited better growth at a salinity stress level of 2.5 g L⁻¹ compared to the control. However, with increasing salt concentration, significant declines were observed in both germination and early growth, starting at 7.5 g L⁻¹. According to the findings, annual ryegrass cv. Axcella was

performed better under salinity stress. Nevertheless, considering that around 200 parameters can be used to evaluate the effects of salt stress, more parameters should be examined for more accurate conclusions. Expanding the study to include additional species and varieties, as well as testing them under field conditions, would yield more reliable results and provide valuable guidance for selecting species and varieties suitable for specific ecological conditions.

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

- Borawska-Jarmulowicz, B., Mastalerczuk, G., Gozdowski, D., Maluszynska, E., Szydłowska, A., 2017. The sensitivity of *Lolium perenne* and *Poa pratensis* to salinity and drought during the seed germination and under different photoperiod conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(1): 71-78.
- Budakli Carpici, E., Celik, N., Bayram, G., 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4918-4922.
- Cereti, C.F., Ruggeri, R., Rossini, F., 2010. Cool-season turfgrass species and cultivars: Response to simulated traffic in central Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 5(1): 53-59.
- Ceritoglu, M., Erman, M., Yildiz., F., 2020. Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedlings. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 82-96.

- Christians, N.E., 2011. Fundamentals of turfgrass management (fourth edition). Wiley, New York, NY.
- Crawford, S.L., 2006. Correlation and regression. *Circulation*, 114(19): 2083-2088.
- Dai, J., Huff, D.R., Schlossberg, M.J., 2009. Salinity effects on seed germination and vegetative growth of greens-type *Poa annua* relative to other cool-season turfgrass species. *Crop Science*, 49(2): 696-703.
- Delatorre-Herrera, J., Pinto, M., 2009. Importance of ionic and osmotic components of salt stress on the germination of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selections. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(4): 477-485.
- Demiroglu Topcu, G., Celen, A.E., Kuru, E., Ozkan, S.S., 2016. A study on the effects of different NaCl concentrations on germination and early growing stage of tall fescue (*Festuca arundinacea*) and intermediate wheatgrass (*Agropyron intermedium*). *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 25(Special Issue-2): 219-224.
- Demiroglu Topcu, G., Ozkan, S.S., 2020. Effects of different salt sources and concentrations on germination parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 456-467.
- Ertekin, I., 2021. Evaluation of some annual ryegrass cultivars in germination and early seedling stage under different salinity levels. III. *Balkan Agriculture Congress*, Congress Book, 29 August - 1 September, Edirne, s:363-369.
- Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of threesoybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(2): 86-93.
- Faraj, A.H., Colak, E.S., Isik, D., 2023. Environmental factors influencing *Lolium temulentum* L. (Darnel ryegrass) seed germination. *Annali di Botanica (Roma)*, 13: 11-18.
- Harivandi, M.A., Butler, J.D., Wu, L., 1992. Salinity and turfgrass culture. *Turfgrass*, 32: 207-229.
- Hu, J., Zhu, Z.Y., Song, W.J., Wang, J.C., Hu, W.M., 2005. Effects of sand priming on germination and field performance in direct-sown rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(1): 243-248.
- Huang, B., DaCosta, M., Jiang, Y., 2014. Research advances in mechanisms of turfgrass tolerance to abiotic stresses: from physiology to molecular biology. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(2-3): 141-189.
- ISTA, 2018. International Rules for Seed Testing Book. International Seed Testing Association (ISTA) Press, Switzerland.
- Javaid, M.M., Mahmood, A., Alshaya, D.S., AlKahtani, M.D., Waheed, H., Wasaya, A., Khan, S.A., Naqve, M., Haider, I., Shahid, M.A., Nadeem, M.A., Azmat, S., Khan, B.A., Balal, R.M., Attia, K.A., Fiaz, S., 2022. Influence of environmental factors on seed germination and seedling characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Scientific Reports*, 12(1): 9522.
- Johnson, R.A., Bhattacharyya, G.K., 2019. Statistics: principles and methods (8th edition). Wiley & Sons Inc.
- Kara, E., Ekmekci, M., Tekin, M.A., 2005. The effect of salinity on plant growth. *Journal of Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University*, 20(3): 118-125.
- Karaguzel, O., 2007. Lawn and ground cover plants lecture notes (unpublished). Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Antalya/Türkiye.

- Karakoy, T., Kokten, K., Toklu, F., 2012. Response of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to salt stress conditions. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(3&4): 337-341.
- Kaya, M.D., Kaya, G., Kolsarici, O. 2005. Effects of NaCl concentration on germination and emergence of some *Brassica* species. *Journal of Agricultural Sciences*, 11(4): 448-452.
- Khan A.A., Rao, S.A., McNeilly, T., 2003. Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica*, 131: 81-89.
- Kokten, K., Karakoy, T., Bakaoglu, A., Akcura, M., 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1): 140-143.
- Kusvuran, A., Nazli, R.I., Kusvuran, S., 2014a. Determination of salinity effects on seed germination in different red fescue (*Festuca rubra* L.) varieties. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 22-27.
- Kusvuran, A., Nazli, R.I., Kusvuran, S., 2014b. Salinity effects on seed germination in different tall fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) varieties. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 7(2): 8-12.
- Kusvuran, A., Nazli, R.I., Kusvuran, S., 2015. The effects of salinity on seed germination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2(1): 78-84.
- Liu, H., Todd, J.L., Luo, H., 2023. Turfgrass salinity stress and tolerance-A review. *Plants*, 12(4): 925.
- Marcum, K.B., 2006. Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: Constraints and developments. *Agricultural Water Management*, 80(1-3): 132-146.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 239-250.
- Muscolo, A., Panuccio, M.R., Sidari, M., 2003. Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst). *Plant Science*, 164(6): 1103-1110.
- Nizam, I., 2011. Effects of salinity stress on water uptake, germination and early seedling growth of perennial ryegrass. *African Journal of Biotechnology*, 10(51): 10418-10424.
- Ozkan, U., Benlioglu, B., Telci Kahramanogullari, C., 2022. A comparison of germination responses on Italian ryegrass (diploid vs tetraploid) seeds to interactive effects of salinity and temperature. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(5): 4229-4237.
- Ozturk, Y., Tatar, N., Budakli Carpici, E., 2018. The effects of polyethylene glycol primings of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seeds on germination characters of seeds on salt stress conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 32(1): 141-149.
- Pawlowicz, I., Waskiewicz, 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.
- Qian, Y.L., Fu, J.M., Wilhelm, S.J., Christensen, D., Koski, A.J., 2007. Relative salinity tolerance of turf-type saltgrass selections. *HortScience*, 42(2): 205-209.
- Rehman, S., Harris, P.J.C., Bourne, W.F., Wilkin, J., 1997. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium content of acacia seeds. *Seed Science and Technology*, 25(1): 45-57.

- Richardson, M.D., Hignight, K.W., Walker, R.H., Rodgers, C.A., Rush, D., McCalla, J.H., Karcher, D.E., 2007. Meadow fescue and tetraploid perennial ryegrass-Two new species for overseeding dormant bermudagrass turf. *Crop Science*, 47(1): 83-90.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Pub. Com. Inc., Belmont, California-USA.
- SAS Institute, 2012. SAS/STAT® software version 9.3 user's manual. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shiade, S.R.G., Boelt, B., 2020. Seed germination and seedling growth parameters in nine tall fescue varieties under salinity stress. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 70(6): 485-494.
- Summerford, J.A., Karcher, D.E., Richardson, M.D., Patton, A.J., Boyd, J.W., 2009. Cultural practice effects on the spring transition of overseeded meadow fescue and tetraploid perennial ryegrass sports fields. *International Turfgrass Society Research Journal*, 11: 501-510.
- Tang, J., Li, M., Mao, P., Jiang, Y., 2022. Effects of gamma-aminobutyric acid on seed germination, ion balance, and metabolic activity in perennial ryegrass under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(4): 1835-1844.
- Tatar, N., Ozturk, Y., Budakli Carpici, E., 2018. The effects of NaCl primings on germination characters of perennial ryegrass at different salt levels. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(1): 28-33.
- Tenikecier, H., Ates, E., 2022. Impact of salinity on germination and seedling growth of four cool-season turfgrass species and cultivars. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2): 1813-1821.
- Tod, M., Anghelus-Olenici, G., Balan, M., Andreoiu, A., Zevede, P., 2021. Effect of salinity on seed germination and seedling growing on some perennial grasses. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 24(6): 277-290.
- Turgeon, A.J., 2005. *Turfgrass Management (7th Edition)*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Turk, M., Alagoz, M., 2020. Effects of salt stress on the germination of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seeds. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 34(2): 317-324.
- Xie, Y., Liu, X., Ameer, M., Yu, H., Huang, Y., Li, X., Chen, L., Fu, J., Sun, X., 2021. Evaluation of salt tolerance in Italian ryegrass at different developmental stages. *Agronomy*, 11(8): 1487.
- Yesil, P., Guzel, M., Sengur, S., 2022. Effects of different salt concentrations on the germination in some turfgrass varieties used in landscape applications. *Gumushane University Journal of Science and Technology*, 12(4): 1036-1045.
- Yilmaz, M.B., Kisakurek, S., 2018. Effect of salt stress on germination and early seedling stage of some perennial ryegrasses (*Lolium perenne* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University*, 23(2): 204-217.
- Zhang, Q., Rue, K., Wang, S., 2012. Salinity effect on seed germination and growth of two warm-season native grass species. *Hortscience*, 47(4): 527-530.

To Cite Özkan, Ş.S., Çetinkaya Özkan, E., 2025. The Effect of Salinity Stress on the Germination and Early Growth Parameters of Selected Ryegrass Species. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 36-47.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14160787>.



Neoscytalidium dimidiatum [(Penz.) Crous & Slippers] ile İnokule Edilen Domates (*Solanum lycopersici* Mill) Bitkilerinde Meydana Gelen Patolojik Değişiklikler Üzerine İnokulasyon Metodlarının Etkisi

Berfin KILINÇ^{1*}, Murat DİKİLİTAŞ², Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR²

¹ Kırıkkale Üniversitesi Delice Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kırıkkale

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): berfinkilinc@kku.edu.tr

Özet

Dünyada ve ülkemizde tarım ekonomisinde önemli bir gelir kaynağı olan domates bitkisi, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı oldukça hassastır. Bölgemizde son zamanlarda domates bitkilerinde sürgün ve gövde kurumaları, yaprak yanıklığı, kök çürüklüğü ve iletim demetinde nekroz oluşumuna yol açan *Neoscytalidium dimidiatum* hastalık etmeni tespit edilmiştir. Bu çalışmada, domates bitkilerinin farklı dokularına (yaprak, sürgün, gövde ve kök) farklı yöntemlerle (sprey, enjeksiyon, iğneleme, yaralama, buğday ile inokulasyon, spor solüsyonuna kök daldırma) hastalık etmeni inokulasyonu yapılmıştır. Kontrol bitkilerine ise herhangi bir uygulama yapılmamıştır. İnokule edilen tüm bitkilerin semptom indeks değerleri artış göstermiş, hastalık etmeni bitkinin hangi dokusundan ne şekilde giriş yaparsa yapsın enfeksiyona yol açmıştır. Kök bölgesinden yapılan inokulasyonların daha etkili olduğu görülmüştür. Bu bulgular fizyolojik parametreler ile de desteklenmiştir. Bu çalışma ile patojenin bilinen agresifliğinin yanı sıra enfeksiyon kapasitesinin devam ettiği, inokulasyon metoduna bağlı olarak sadece patojen site derecesinin farklılık arz ettiği görülmüştür. Hastalık etmeni ile mücadelede öne çıkarılan kültürel önlemler, böcek vektörleri ile mücadele ya da hastalık etmeninin yara yerlerinden girebileceği savından hareket ederek, patojen ile yapılacak mücadelede etkin sonuç alınmayacağı görülmüştür. Hastalık etmeni ile temel mücadelede dayanıklı çeşit kullanımı ve mevcut bitkilerinin savunma mekanizmasının biyokimyasal yollar ile artırılması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Effect of Inoculation Methods on Pathological Changes in Tomato (*Solanum lycopersici* Mill.) Plants Inoculated with *Neoscytalidium dimidiatum* [(Penz.) Crous & Slippers]

Abstract

Tomato plant, which is an important source of income in the agricultural economy in the world and in our country, is very sensitive to biotic and abiotic stress factors. *Neoscytalidium dimidiatum*, which causes shoot and stem drying, leaf blight, root rot and necrosis of the transmission bundle, has recently been detected in tomato plants in our region. In this study, different tissues (leaf, shoot, stem and root) of tomato plants were inoculated with different methods (spray, injection, pricking, wounding, inoculation with wheat, root dipping in spore solution). No treatment was applied to the control plants. Symptom index values of all inoculated plants increased and the disease agent caused infection regardless of which tissue of the plant it entered. Inoculation from the root zone was found to be more effective. These findings were also supported by physiological parameters. In this study, in addition to the known aggressiveness of the pathogen, it was found that the ability to infect was still dependent on the inoculation method, with only the degree of pathogenicity differing. It has been observed that cultural measures, insect vector control or the assumption that the pathogen can enter through wounds are not effective in controlling the pathogen. The use of resistant varieties and the need to increase the defence mechanism of existing plants by biochemical means were emphasised in the main control of the disease agent.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :25.08.2024
Kabul Tarihi :28.09.2024

Anahtar Kelimeler

Neoscytalidium dimidiatum
domates
patojen site
semptom indeks
inokulasyon metodları

Research Article

Article History

Received :25.08.2024
Accepted :28.09.2024

Keywords

Neoscytalidium dimidiatum
tomato
pathogenicity
symptom index
inoculation methods

1. Giriş

Beslenmemizde büyük bir öneme sahip olan sebze ve meyveler, içerdiği zengin vitamin, mineral madde ve antioksidant içerikleri bakımından insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahiptirler. Bu sebzelerin başında domates gelmektedir (Yılmaz ve ark., 2018). Artan dünya nüfusunu beslemede ve tüketim miktarında önemli bir paya sahip olan domates (*Solanum lycopersici*) Solanaceae familyasına ait kendine döllenmiş 24 kromozomlu diploit bir bitkidir (Yıldız, 2010). Sıcak iklim bölgelerinde tek ya da çok yıllık olarak da yetişebilmektedir (Nasir ve ark., 2015; Yılmaz ve Özer, 2022).

İlk başlarda zehirli olduğu düşünülen domates, 1800'lü yıllarda yemek olarak tüketilmeye başlanmıştır (Güvenç, 2019). Ana vatanı Peru olan domates, Amerika'nın keşfinden sonra 15.yy'da Avrupa'ya getirilmiş ve kültüre alınmıştır. Tüm dünyada üretimi yapılmakta olan bu kültür bitkisi, ilk olarak Türkiye'ye 19.yy'da Suriye aracılığıyla gelmiştir (Anonim, 2014).

Elverişli iklim koşullarına sahip olan Türkiye, domates yetiştiriciliğinde önemli bir konuma sahiptir. Türkiye'de yerli sebze üretiminin %40'ından fazlasını karşılayan domates, yaygın olarak iç piyasada tüketilmekte ve gıda sektörüne hammadde sağlamaktadır (Keskin, 2021). FAO'nun 2020 yılı verilerine göre Dünyada yaklaşık 51 milyon dekarlık alanda 177 milyon ton domates üretimi yapılırken, ülkemizde yaklaşık 1.7 milyon dekar alanda 12.2 milyon ton domates üretimi yapılmaktadır. Bu veriler, domatesin Dünya'da ve ülkemizde üretim miktarı en fazla olan ve ekonomik büyüklüğe sahip sebzeler arasında yer aldığını göstermektedir (Nangare ve ark., 2016; Cui ve ark., 2020). Domates meyvesi; içeriğinde bulunan besin miktarı, lipitler, proteinler, organik asitler (malik ve sitrik asit), karotenoidler, polisakkaritler, selüloz, pektin gibi %5-7 oranında da inorganik bileşiklerden ve %93-95 sudan oluşmaktadır (Minoia ve ark., 2017). Zengin besin ve lif içeriği, likopen, mineral madde içeriği, zengin A, C ve E vitaminleri yanında düşük yağ ve kalori

oranına sahiptir (Bakir ve ark., 2018; Navarro-Gonzalez ve ark., 2018).

Ticari olarak üretimi yapılan birçok domates çeşidi, biyotik ve abiyotik etmenlere karşı duyarlıdır. Stres, bitkilerin normal gelişimini olumsuz etkileyen biyotik ve abiyotik (fizyogen) etmenler bütünü olarak ifade edilmektedir (Rhodes ve Nadolska-Orezi, 2001; Sultan, 2021; Aydın ve ark., 2022). Domates, abiyotik stres faktörleri olan, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık, kuraklık ve ağır metal gibi etkenlerden olumsuz etkilenmekle beraber (Dere, 2021), yabancı otlar, zararlı böcekler, akarlar, nematodlar, funguslar, bakteriler ve virüs gibi mikroorganizmal biyotik faktörler sonucu önemli kayıplar yaşanmaktadır (Shao ve ark., 2018). Biyotik bir faktör olan fungal hastalıklar, sıcaklığın 25 °C nin üstüne çıkması ve fazla nem ve rüzgar ile genel olarak bitkinin veriminde azalmalara yol açmakta, vasküler solgunluklara, yaprak lekelerine ve kanserli dokuların oluşmasına neden olmaktadır (Gimaret-Carpentier ve ark., 2018).

Son zamanlarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinde domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda sürgün, dal yanıklıkları hatta tüm bitkide meydana gelen kurumalar gözlenmektedir. Bu kurumaların etiyojisinde *Neoscytalidium* cinsine ait türlerin sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Domateslerde hastalık oluşturan *N. dimidiatum*'a ait ilk rapor, Türkölmez ve ark. (2019), *N. novaehollandiae*'ya ait ilk rapor ise Derviş ve ark. (2020) tarafından yapılmıştır.

Botryosphaeriae familyasına ait ve *Neoscytalidium* cinsinde yer alan *Neoscytalidium dimidiatum* türü ilk olarak 2006 yılında Crous ve Slippers tarafından tanımlanmış ve bu cinse ait türler septalı ve havai misel varlığı ile karakterize edilmiştir (Crous ve ark., 2006). Daha sonra Pavlic ve ark. (2008) *Neoscytalidium novaehollandiae* türünü Avusturalya'nın kuzeybatısındaki endemik ağaç türlerini araştırırken tespit etmişlerdir. Bu hastalığın insanlarda klinik enfeksiyonlara yol açtığı ve enfeksiyonun bu fungusla bulaşık toprak veya bitki materyali ile ilgili temas sonucu ortaya çıktığı rapor

edilmiştir (da Silva ve ark., 2016; Al-Raish ve ark., 2020). *N. dimidiatum* hakkında çok az bilgi bulunmasına rağmen, etmenin Jamaika, Brezilya, Cezayir, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Krallık'ta sinüzite yol açtığı bildirilmiştir (Bakhshizadeh ve ark., 2014). *Neoscytalidium* cinsi daha önce tüm dünyada geniş coğrafi bölgelerde, çeşitli bitki konukçularında rapor edilmiştir (Von Arx, 1987; Farr ve Rossman, 2018). Örneğin, Avustralya'da mango ölümü ile ilişkilendirilen *N. novaehollandiae*'nin ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu belirlenmiştir (Ray ve ark., 2010). Hastalık etmeninin yayılım hızının durdurulamadığı görülmüş, en son olarak mango ağaçlarında geriye doğru ölüm simptomu ile İsrail'in çeşitli bölgelerinde tespit edilmiştir (Sharma ve ark., 2024). *Neoscytalidium novaehollandiae*, *Adansonia gibbosa*, *Acacia synchronica*, *Crotalaria medicaginea* ve *Grevillia agrifolia*'nın bir endofiti olarak Kuzey-Batı Avustralya'da tespit edilmiştir (Pavlic ve ark., 2008). *Neoscytalidium* cinslerine ait bölgemizde ve Türkiye'de yeni görülen *N. dimidiatum* (Derviş ve ark., 2019) ve *N. novaehollandiae* (Kurt ve ark., 2020) fungus türlerinin Antepfıstığı ağaçlarında kurumalara yol açtığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Manisa ve Gaziantep illerinde asma bitkisinde, dal kanseri ve geriye doğru ölüm (Akgül ve ark., 2020), ve 2019 yılında Diyarbakır ili badem ağaçlarında yapraklarda sararmalar, dal kurumaları, gövde hastalıkları (Ören ve ark., 2020), ve yine 2019 yılında Trabzon hurmasında dal kuruması gibi belirtilerin *N. novaehollandiae* etmeni tarafından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Ören ve ark., 2020).

Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda, etmenin simptomları ve ürün kaybına olan etkileri değerlendirilmiş, etmenin nasıl ilerlediği ve hastalık kinetiği yani hastalık belirtilerinin ilerleme hızı üzerinde durulmadığı gibi hastalık etmenin bulaşma kaynağı ve mekanizması ya tahmin edilmiş ya da inokule edilen bölge ile hastalık etmenin patojenisitesinin karakterize edileceği üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, *N. dimidiatum* hastalık etmeninin bitki üzerinde

nasıl ilerlediğini ve bitkiyi nasıl enfekte ettiğini anlamak için farklı inokulasyon yöntemleri denenmiştir. Bizi bu yönde araştırmaya iten en önemli sebep ise, etmenin oldukça agresif oluşu, diğer hastalık etmenlerinin aksine simptom ilerlemesinin durdurulamaması ve bitkilerin tamamının kurumaya başlayarak ölümle sonuçlanması olmuştur. Ayrıca, etmen, bitkinin çok farklı bölgelerinde simptom oluşturmakta hatta hasat sonrası meyvelerde de simptomlara yol açarak kayıplara neden olmaktadır. Hastalık belirtilerinin etmenin inokulasyon yöntemi ile çok da ilişkili olmadığı, en azından inokulasyon yöntemi ile enfeksiyon şiddeti arasında doğrusal bir ilişki kurulamayacağı öngörülmüştür. Bu durumun ivedilikle açığa çıkarılması gerektiği değerlendirilmiş, inokulasyon yöntemine bağlı olarak enfeksiyon oluşması durumunda (böcekler, ara konukçular, yabancı otlar, diğer patojenler, fiziksel yaralanmalar vb.), inokulasyon kaynaklarının ortadan kaldırılmasının etmenin patojenisitesi üzerinde rol oynayıp oynamayacağını belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Böylece hastalık kaynaklı simptomların, hastalığa karşı bitkide meydana gelen fizyolojik tepkilerin inokulasyon yöntemleri ile fark gösterip göstermediği, dolayısı ile mücadeleye esas teşkil edecek yaklaşımların önem arz edip etmediği ele alınmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarlarında ve bölüm serasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ana materyalini H-2274 domates çeşidi ve *Neoscytalidium dimidiatum* fungal etmeni ve diğer temel laboratuvar malzemeleri oluşturmuştur.

2.1. Fungal izolatin çoğaltılması

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji laboratuvarında domates bitkisinden izole edilmiş ve kültür stoğunda bulunan *Neoscytalidium dimidiatum* etmeni [ND121 izolatu için NCBI erişim numarası: MH114591 (ITS), MH114595 (TEF-1 alpha), MH114593 (LSU), MH114589

(Actin)] çoğaltılarak çalışma başlatılmıştır. Kültürden alınan bir misel parçası antibiyotik (Streptomycine;40 mg l⁻¹) içeren 39 g l⁻¹ PDA (Patates Dekstroz Agar) ortamına aktarılmış ve gelişimi için 25 °C'de ve karanlıkta 5-7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucu gelişen kolonilerin uçlarındaki genç misellerden tekrar küçük parçacıklar alınarak PDA içeren Petri kaplarına aktarılmış, aynı sıcaklık ve koşullarda inkübasyona bırakılmış ve fungal etmen çalışma için hazır hale getirilmiştir (Kılınç ve ark., 2022; Gümüş ve ark., 2023).

2.2. Denemenin kurulması

Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü serasında 10 hafta yürütülmüş olup, deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi

H-2274 domates çeşidi tohumları, her bir viole ikişer tohum gelecek şekilde steril

torf:perlit:toprak (1:1:1) karışımına ekilmiştir. Violler, %80 nem içeren sera koşullarında çimlendirilmeye bırakılmış iki hafta içinde çimlenen tohumlar, üç yapraklı fide aşamasına geldiklerinde 4 kg toprak:torf:perlit (1:1:1) karışımı içeren saksılara, her saksıda bir adet fide olacak şekilde şaşırılmıştır. Bitkilerin büyüme süresi boyunca sulama ve gübreleme gibi bakım işlemleri yapılmıştır.

2.2.2. Farklı inokulasyon yöntemleri ile hastalık etmeninin bitkiye verilmesi

Bitkiler ortalama 25 cm boyuna ulaştıklarında *Neoscytalidium dimidiatum*'un doğadaki hastalık inokulasyon şekillerini simüle etmek için, 7 farklı inokulasyon yöntemi ile bitkiye verilmiştir (Tablo 1). Bunun için her saksı bir tekerrür olarak kabul edilmiş olup her uygulama 5 tekerürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Hastalık ile inokule edilmeyen bitkiler kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. Denemede esas alınan uygulama grupları ve inokulasyon biçimleri

Table 1. Application groups and inoculation types used in the experiment

Uygulamalar*	İnokulasyon biçimleri
1. Uygulama	-Yaprak sprey inokulasyonu
2. Uygulama	-İğne ile yaralama + yaprak sprey inokulasyonu
3. Uygulama	-Enjeksiyon iğnesi ile gövde inokulasyonu
4. Uygulama	-Gövde yara inokulasyonu
5. Uygulama	-Hastalık ile muamele edilmiş buğday taneleri ile topraktan inokulasyon
6. Uygulama	-Köklerin hastalık solüsyonuna batırılması
7. Uygulama	-Köklerin hastalık solüsyonuna batırılması + yaprak sprey inokulasyonu
8. Uygulama (Kontrol)	-Herhangi bir hastalık uygulaması yok

*Her bir uygulama için patojen uygulaması olmayan pozitif kontrol oluşturulmuş, ancak bu grupların negatif kontrolden istatistik olarak fark göstermediği belirlenmiş, bu yüzden sadece negatif kontrol grubu çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmada 1. uygulama için; saf olarak gelişen *N. dimidiatum* etmeni, Petri kaplarının yüzeyinden bir spatula yardımı ile sıyrılıp steril saf su içinde homojenize olana kadar karıştırılmış ve mikroskop altında heamocytometer yardımı ile 1x10⁶ spor m l⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır. Solüsyon yapraklara sprey edilmeden önce yapraklar %70 etanol ile yıkanmış, ortam sıcaklığında etanolün kuruması sağlanmış, daha sonra spor solüsyonu sprey edilmiştir. Kontrol grubuna

ise yapraklar etanol ile silindikten sonra saf su püskürtülmüştür. İkinci (2.) uygulama için; bitki yapraklarına iğne ile 10 adet yaralama yapılmış ve hazırlanan spor solüsyonu yapraklara sprey edilerek püskürtülmüştür. Aynı yöntem kontrol bitkisine de uygulanmış olup hastalık solüsyonu yerine saf su püskürtülmüştür. Üçüncü (3.) uygulamada; bitki gövdeleri %70'lik etanol ile yıkandıktan sonra, hazırlanan 1x10⁶ spor m l⁻¹ lik solüsyon bir enjeksiyon yardımıyla çekilip bitkinin

iletim demetlerine 1 mL enjekte edilmiş, kontrol bitkisine de saf su enjekte edilmiştir. Dördüncü (4.) uygulamada; domates gövdeleri yine %70'lik etanol ile yıkandıktan sonra bir bistüri ile açılıp saf olarak gelişmiş fungal etmeden bir disk alınarak bitki gövdesine inokule edilmiş ve parafilm ile sarılmıştır. Aynı yöntem kontrol bitkisi için de yapılmış olup fungal disk yerine yara açılan noktaya steril PDA diski yerleştirilmiştir. Beşinci (5.) uygulamada steril buğday taneleri üzerinde geliştirilmiş olan etmen her saksıya 5 adet olacak şekilde kök bölgesine inokule edilmiştir. Kontrol bitkisinin kök bölgesine ise 5-7 adet (her saksı başına) otoklavlanmış buğday tanelisi inokule edilmiştir. Altıncı (6.) uygulamada; domates kökleri spor solüsyonuna batırılmış ve saksılara dikilmiştir. Kontrol bitkisi kökleri ise steril saf suya batırılıp saksıya dikilmiştir. Yedinci (7.) uygulamada; bitki kökleri 1×10^6 konidi oranındaki hastalık solüsyonuna batırıldıktan sonra saksılara şaşırtılmış ve yine 1×10^6 spor m^{-1} hastalık solüsyonu yapraklara sprey edilerek uygulanmıştır. Sekizinci (8.) uygulama için herhangi bir hastalık inokulasyonu yapılmamıştır (negatif kontrol grubu).

2.3. Bazı fizyolojik parametrelerin ölçülmesi

2.3.1. Bitki boyunun ölçülmesi

Bitki boyları uygulamanın yapıldığı günden başlayarak birer haftalık periyotlar halinde ölçülmüş, toprak seviyesi ile bitkinin apikal noktası arasındaki mesafe (cm) bitki boyu olarak kabul edilmiştir. Ölçümler şerit metre ile yapılarak her hafta aynı gün ve saatte kayıt altına alınmıştır (Karakaş Dikilitaş, 2013).

2.3.2. Çiçek ve meyve sayısı

Hastalık etmeni bitkiye inokule edildikten sonra bitki üzerindeki çiçek ve meyve sayıları kayıt altına alınmıştır (Karakaş Dikilitaş, 2013).

2.3.3. Simptom indeksinin 0-6 skalası ile belirlenmesi, AUDPC ve yaprak alanı hesaplamaları

Bitkilerde morfolojik olarak meydana gelen zararın belirlenmesi için bir hastalık skalası oluşturulmuştur. Simptom indeks bitkide görülen simptom derecelerine göre her hafta ölçülüp, Dixon ve Doodson (1971); Moller-Nielson ve Andreasen (1971) ve Zhao ve ark., (2011)'ın geliştirdikleri 0- 6 hastalık skalasına göre küçük modifikasyonlar yapılarak (Dikilitaş, 2003) aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Patogenin bitkide meydana getirdiği semptomları değerlendiren simptom indeks skalası

Table 2. Symptom index scale to evaluate the symptoms caused by the pathogen on the plant

Skala	Simptom
0	-Simptom (hastalık, leke, nekroz, cüceleşme vb.) yok, bitki hastalıktan etkilenmemiş.
1	-Enfeksiyon izi: alt yapraklarda görülen klorotik sararma.
2	-Hafif enfeksiyon: yaprakların %50'sinden azını etkileyen kloroz ve epinasti.
3	-Orta derecede enfeksiyon: kloroz, epinasti ve nekroz dahil yaygın semptomlar.
4	-Şiddetli enfeksiyon: bitki zayıf ve bodur; hem ana gövde hem de dallar ilerlemiş semptomlar gösterir.
5	-Son derece şiddetli enfeksiyon: dallarda ve gövdelerde nekrotik lekeler ancak bazı sürgün tepesinde hala görülebilen yeşillik.
6	-Bitki tamamen ölmüş.

Simptomları kategorize etmek gerekirse, 0 ve 2 arasında yer alan bitkiler dayanıklı olarak kategorize edilmiş. 1.5 ve 2.5 simptom değerleri aralığındaki bitkiler az hassas, 2.5 – 3.5 değer aralığında olan bitkiler orta derecede hassas, 4 – 6 değer aralığındaki bitkiler de

hassas olarak kategorize edilmiştir (Soesilo ve Sari, 2014). Bu sınıflandırmadan, bitkilerdeki hastalık ilerleyişinin oranını ve semptomların başlangıç zamanını gösteren bir indeks, tek bir muameledeki her bir bitki grubu için yüzde olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir simptom

değeri gösteren (0'dan 6'ya kadar) bitki sayısı o değerle ve bütün bitkiler için elde edilen sayı ile çarpılmış ve toplam değer de 100 ile

çarpılmış ve maksimum değer (6)'ya bölünmüş ve simptom indeks değeri % olarak elde edilmiştir (Eşitlik 1).

$$\%SI = \left[\frac{\sum SI}{(6 \times \sum n)} \right] \times 100 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

SI: Simptom indeks

n: Bitki sayısı

Buna ek olarak, simptom indeks değerleri (%) üzerinden uygulama gruplarına ait toplam hastalığın seyrini anlayabilmek için hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan (AUDPC; The

area under disease progress curve) Eşitlik 2'de verilen formüle göre hesaplanmıştır (Campbell ve Madden, 1990).

$$\text{AUDPC} = \sum \left[\frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \right] (t_{i+1} - t) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

x, i günündeki değerlendirilmede kaydedilen hastalık şiddeti
($t_{i+1} - t$), ardışık iki ölçüm arasındaki zaman

Yaprak alanları hesaplanırken Image J (Ij154-win-Java8) analiz programının treshold bölümü kullanılarak yaprak üzerindeki enfekteli (klorofil içermeyen) alan çıkarılarak hesaplama yapılmıştır (Gao ve ark., 2011). Her uygulama grubuna ait bitkilerden (her gruptan) 5 yaprağa ait toplam yaprak alanları hesaplanmıştır. Yaprak alanı bitki sağlığı konusunda erken uyarı sağladığından ve büyüme ve gelişme potansiyelini açığa çıkardığından inokulasyon metodlarının etkinliğinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir.

2.3.4. Reizolasyon

Uygulama grubu bitkilerinden ve kontrol bitkilerinden deneme sonunda izolasyon yapılarak hastalık etmeninin kazanılıp kazanılmadığına dolayısı ile ilgili simptomların hastalık etmeni ile ilgili olup olmadığı değerlendirilmiştir.

2.3.5. Bitki yaş ve kuru ağırlığı, meyve ağırlığı

Deneme sonlandırıldığında, hastalık etmeninin bitki büyümesine olan etkisini anlamak ve hastalık varlığında bitki fizyolojisi hakkında bilgi edinmek amacıyla bitki ağırlığı ölçülmüştür. Bunun için saksının toprak seviyesinden bitkiler kesilerek paketlere yerleştirilmiş ve bitkinin toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Saksılarda kalan kökler ise topraktan nazikçe ayrılarak

paketlenmiş ve yaş ve kuru ağırlık için ölçümleri yapılmıştır. Bitkilerin toprak üstü aksamalarının yaş ve kuru ağırlığı ve kök yaş ve kuru ağırlıkları hassas terazi ile belirlenmiştir (Karakış Dikilitaş, 2013). Bitki kuru ağırlıkları 48 saat süre ile 70°C'deki etüvde kurutulmuştur. Meyve ağırlığı (g), deneme sonlandırıldığında yaş ağırlıkları esas alınarak dijital hassas terazi ile belirlenmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Çalışmada elde edilen veriler, Excel programında, XLstat istatistik programı kullanılarak Anova tek yönlü varyans analizine göre karşılaştırılmıştır. Verilerin ayrıştırılmasında Duncan's Multiple Range Test kullanılmıştır. Ayrıca ölçülen tüm parametreler, farklı inokulasyon metodları esas alınarak gruplandırılmış ve "Hierarchical Cluster distance" analizi esas alınarak "Squared Euclidian distance" metodu ile bir dendogram oluşturulmuştur (SPSS 27, IBM Inc.).

3. Araştırma Bulguları

3.1. Farklı inokulasyon yöntemleri ile bitkiye verilen hastalık etmeninin değerlendirilmesi

Hastalık etmeni, farklı inokulasyon yöntemleri ile domates bitkisine inokule edilmiş, bitkiler farklı derecelerde de olsa enfeksiyon belirtileri göstermiştir. Kök, gövde,

yaprak ve sürgünlerde kurumalar ve yanmalar gözlenmiş, bazı bitkilerde ölümler meydana gelmiştir (Şekil 1). Negatif kontrol grubu ile her uygulama için yapılan pozitif kontrol grubu yani hastalık etmenin bulunmadığı ancak yaralama, iğneleme vb. gibi uygulamaların bulunduğu kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı

için hesaplamalarda ve sonuçların sunulmasında sadece negatif kontrol grubu yer almıştır. Haftalık olarak bitki boy ve simptom indeks değerleri kaydedilmiştir. Deneme sonlandırıldığında, bitki boyu, bitki yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlığı, meyve ağırlığı belirlenmiş, yaprak alanı ve AUDPC hesaplamaları yapılmıştır.



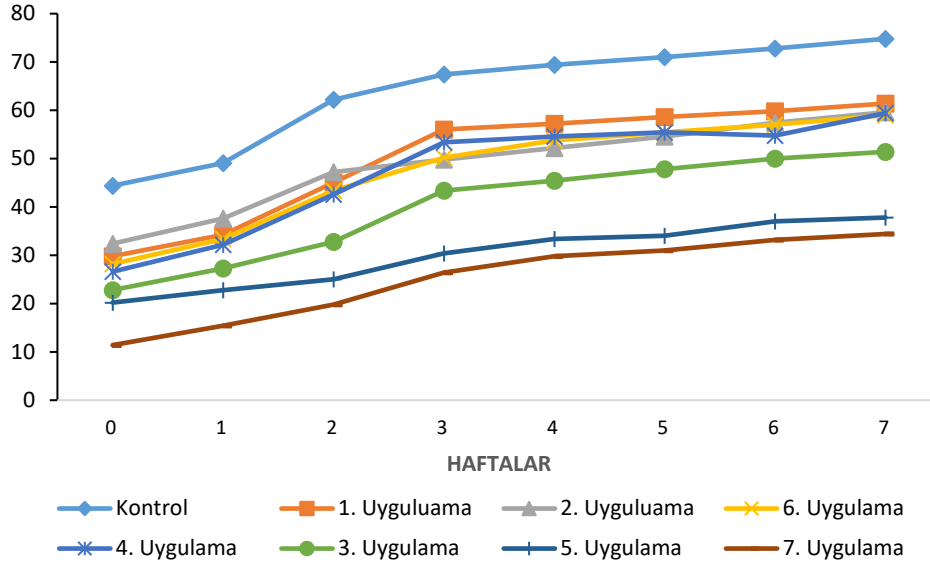
Şekil 1. Deneme sonucu bitki uygulama gruplarının genel görüntüleri; K: Negatif kontrol, 1: Yaprak sprey inokulasyonu, 2: İğne ile yaralama + Yaprak sprey inokulasyonu, 3: Enjeksiyon iğnesi ile gövde inokulasyonu, 4: Gövde yara inokulasyonu, 5: Hastalık ile muamele edilmiş buğday taneleri ile topraktan inokulasyon, 6: Köklerin hastalık solüsyonuna batırılması + Yaprak sprey inokulasyonu, 7: Köklerin hastalık solüsyonuna batırılması + Yaprak sprey inokulasyonu.

Figure 1. General images of plant treatment groups as a result of the experiment; K: negative control, 1: foliar spray inoculation, 2: needle wound + leaf spray inoculation, 3: stem inoculation with injection needle, 4: stem wound inoculation, 5: soil inoculation with disease-treated wheat grains, 6: root dipping in disease solution, 7: root dipping in disease solution + leaf

3.1.1. Bitki boyunun ölçülmesi

Bitki boyları denemenin başından sonuna kadar her hafta düzenli olarak şerit metre ile ölçülmüştür (Şekil 2). Kontrol grubu bitkileri en uzun boy uzunluğuna (cm) sahip bitkiler olurken, hastalık etmeni ile inokule edilmiş bitkiler ile kontrol grubu arasında önemli bir fark oluşmuştur ($P < 0.05$). Daha önce ‘‘Materyal ve Metod’’ bölümünde ifade edildiği gibi her bir uygulama için pozitif kontrol grubu oluşturulmuş, bu grupların negatif kontrol grubu ile arasında istatistik olarak herhangi bir fark görülmemesi üzerine sadece negatif kontrol yani hiçbir muameleye

tabi olmayan grup çalışmaya dahil edilmiştir. Bitkilerin genel görünüşünü simgeleyen boy uzunluğu dikkate alındığında bitkinin üst kısmından 1. (yaprak sprey inokulasyonu), 2. (iğne ile yaralama + yaprak sprey inokulasyonu), 3. (enjeksiyon iğnesi ile gövde inokulasyonu), 4. (gövde yara inokulasyonu) ile yapılan inokulasyonların kök kısmından yapılan 5. (hastalık ile muamele edilmiş buğday taneleri ile topraktan inokulasyon), 6. (köklerin hastalık solüsyonuna batırılması), 7. (köklerin hastalık solüsyonuna batırılması + yaprak sprey inokulasyonu) inokulasyonlara göre daha az boy kısalığına neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Deneme süresi boyunca uygulama gruplarındaki bitki boyu uzunlukları
 Figure 2. Plant heights in treatment groups during the experimental period

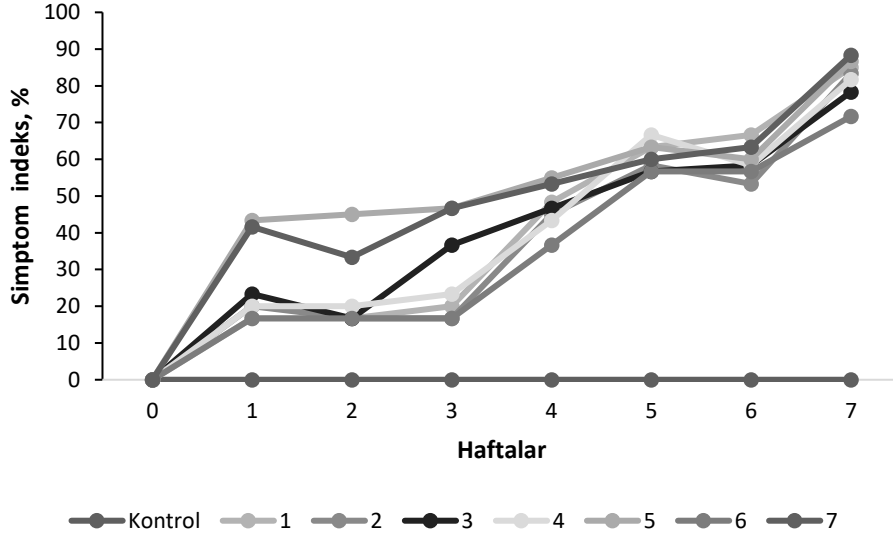
Bitki boylarının değerlendirilmesi ile hastalık etmeninin bitkinin büyüme ve gelişme durumu incelenmiş, hastalık etmeni *N. dimidiatum* hangi metod ile bitkiye inokule edilmiş olursa olsun, bitkide gelişim geriliğine yol açtığı tespit edilmiş 5. (hastalık ile muamele edilmiş buğday taneleri ile topraktan inokulasyon), 6. (köklerin hastalık solüsyonuna batırılması) ve 7. (köklerin hastalık solüsyonuna batırılması + yaprak sprey inokulasyonu) uygulamaların yani kök bölgesinden yapılan inokulasyonların daha etkin olduğu görülmüştür.

3.2. Simptom indeksi

Çalışma sonucu bitkide meydana gelen simptomlar (0-6) hastalık skalasına göre hesaplanmıştır. Kontrol grubunda, denemenin başından sonuna kadar gözle görülebilir herhangi bir simptom belirtisi görülmez iken (0), uygulama gruplarında deneme sürecinin

başlangıcından sonuna doğru simptom değerleri yükselmiştir. Uygulama gruplarında meydana gelen simptom indeks değerleri incelendiğinde bütün grupların inkübasyon periyodu boyunca simptom değerlerinde artışa neden olduğu görülmüş kök bölgesinden yapılan inokulasyonların daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

İnokule edilen bitkilerin AUDPC değerleri de hesaplanmış, bütün inokulasyon metotları kontrol gruplarından farklılık göstermiş, AUDPC değerleri ile hastalık etmeninin domates bitkisinde önemli simptomlara yol açtığı görülmüştür. Yine, kök bölgesinden yapılan inokulasyonların bitkide daha şiddetli hastalık belirtilerine yol açtığı belirlenmiştir (Tablo 3). Simptom indeks değerlerine bakıldığında haftalık olarak alınan simptom indeks değerlerinin artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 3).

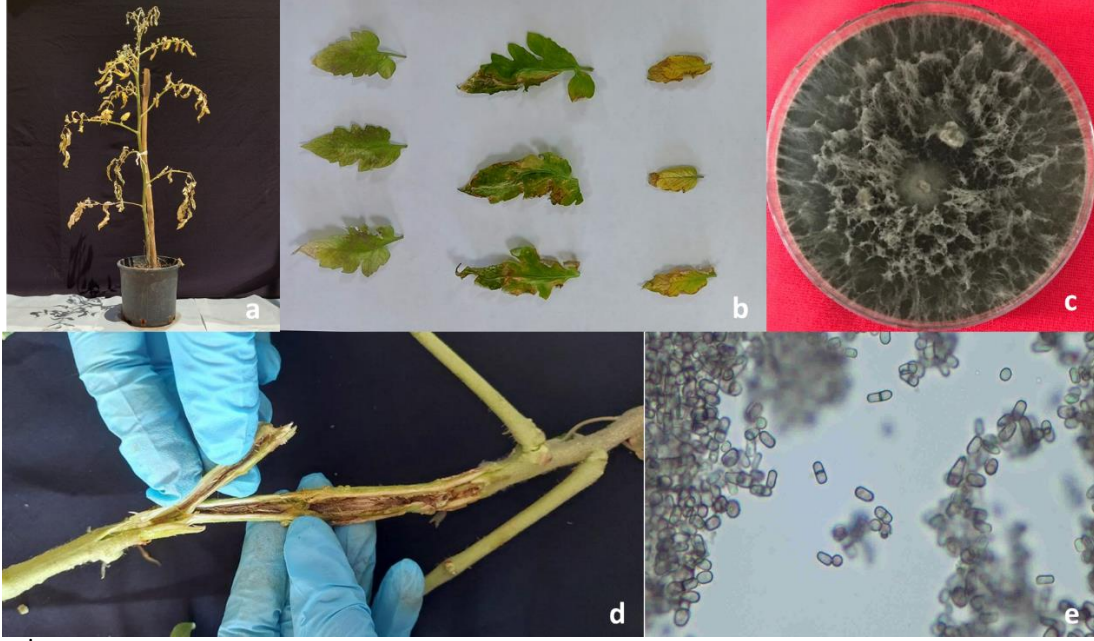


Şekil 3. İnkübasyon periyodu süresince (0-7 hafta) domates bitkilerinin simptom indeks değerleri

Figure 4. Graph of the values of the symptom index of tomato plants during the incubation period (0 - 7 weeks)

İnokule edilen bütün bitkilerin enfeksiyon değerlerinin şiddetli enfeksiyona doğru gittiği ve bitkilerin ölümle sonuçlanacak kurumalar gösterdiği tespit edilmiştir. Sadece hastalık etmeninin tüm haftalar boyunca oluşturduğu kümülatif değerlere bakıldığında ki bu değerlere ilk haftaların katkıları da mevcuttur, sonraki haftalarda etmenin hızlı bir şekilde ilerleyerek enfeksiyonunu artırdığı görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken husus, topraktan yapılan inokulasyonların bitki biyometrik parametrelerine toprak üstünden yapılan inokulasyonlara göre daha fazla etki yaptığı görülmüş, ancak hastalık etmeninin agresif davranması sonucu inokule edilen tüm bitkilerin enfeksiyon şiddeti hızlanmıştır.

Bitkiler hangi yöntemler ile inokule edilmiş olursa olsunlar ciddi biyometrik kayıp yaşamışlardır. İnokule edilmiş bitkilerin deneme sonunda yaprak alanları ölçülmüş, buna göre bütün gruplarının kontrol grubuna kıyasla yaprak alanlarının istatistik olarak önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir. Yine yaprak alanı bakımından en çok etkilenen bitkiler, kökten yapılan inokulasyonlar sonucu oluşmuştur. Deneme sonunda bitkilerin yaprak ve gövde dokularından reizolasyon yapılmış, etmenin bitki sisteminde canlı kalıp kalmadığı belirlenmek istenmiştir. Etmenin bitkinin farklı dokularında yaptığı simptomlar Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. İnokulasyondan 7 hafta sonra bitkide reizolasyon, a; bitkide meydana gelen genel kuruma b; yaprak nekrozları, c; reizolasyon sonucu geri kazandırılan *Neoscytalidium dimidiatum* etmeninin Petri kabındaki görüntüsü, d; iletim demeti boyunca kararma, e; etmenin mikroskop altındaki görüntüsü.

Figure 4. Plant reisolatyon 7 weeks after inoculation, a; general desiccation of the plant, b; leaf necrosis, c; Petri dish image of *Neoscytalidium dimidiatum* recovered after reisolatyon, d; blackening along the vascular bundle, e; microscopic image of the pathogen.

Hastalık etmeni bitkiye inokule edildikten sonra reizolasyon yapıldığında etmen geri kazandırılmış, kontrol bitkilerinde ise *N. dimidiatum* etmenine rastlanmamıştır. Hastalıklı bitkilerde görülen makroskobik ve mikroskobik belirtiler, Crous ve ark. (2006)'nın tarif ettikleri simptomlar ile uyum içinde bulunmuştur. Dolayısı ile bu hastalık etmeninin yüksek kolonizasyon yeteneği sayesinde diğer bitki aksamlarına rahatlıkla ulaştığı, o bölgelerde de kolonizasyonu gerçekleştirdiği görülmüştür. Türkölmez ve ark. (2019) domatestede yaptıkları bir çalışmada domates bitkisinin toprak üstü yeşil aksam ve kök aksamlarından başarılı bir şekilde etmen

izole edilmiş ve etmenin bölgede hızla yayılmaya başladığı rapor edilmiştir. Etmen bitkiye ne şekilde inokule edilmiş olursa olsun rahatlıkla internal olarak her bölgeye ulaşma potansiyeline sahip olup doku içinde miselyal gelişim ve sporulasyon göstererek bitkinin iyileşme belirtileri göstermesine engel olmuştur. Bitkinin hemen hemen her bölgesinden inokulasyon ve enfeksiyon yapma kabiliyetine sahip olan ve penetrasyon yaparak bitkide yıkıma neden olan ve geniş bir konukçu ağına sahip olan etmenin koşulları fungus lehine olduğu durumlarda epidemiy yapabilecek seviyeye gelebileceği göz ardı edilmemelidir.

Tablo 3. Farklı metotlar ile inokule edilen bitkilerin biyometrik parametreleri**Table 3.** Biometric parameters of plants inoculated by different methods

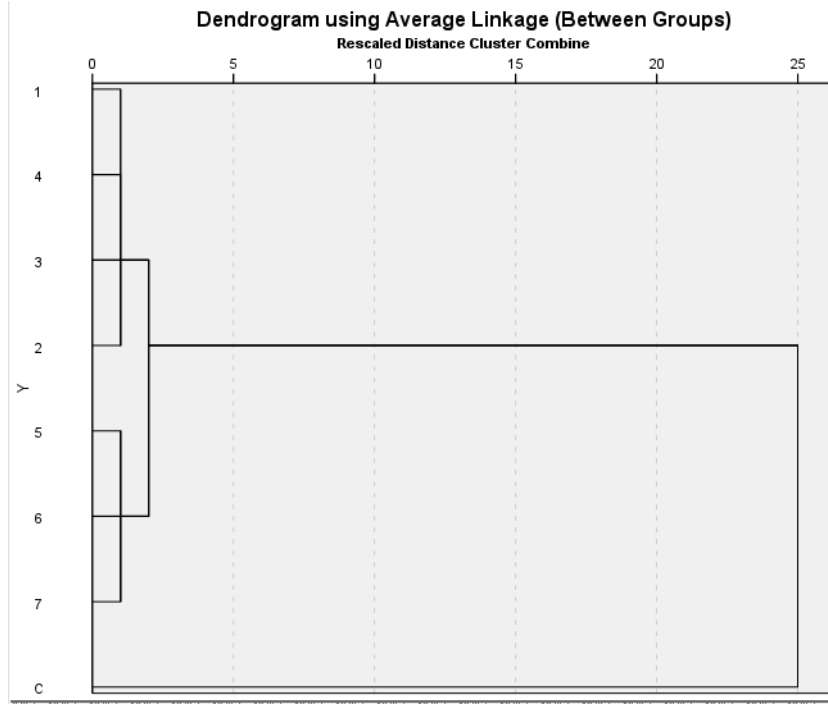
İnokulasyon metodları	Reizolasyon	AUDPC	Yaprak alanı	Yaş ağırlık		Kuru ağırlık		Çiçek sayısı	Meyve sayısı
				Tüa ¹	Kök	Tüa ¹	Kök		
Kontrol	0	0.0	143.1±4.8	85.6±7.0	16.8±5.2	15.4±1.8	9.0±2.8	10	6
1	5	1919.2	64.0±3.7	66.4±7.3	9.6±2.3	12.0±0.9	6.1±1.4	7	3
2	4*	1761.7	61.0±6.7	75.5±6.9	7.8±1.9	13.7±1.9	4.7±0.7	6	3
3	4*	1942.5	107.1±4.0	70.1±8.0	6.8±1.3	9.3±0.9	4.3±1.1	5	2
4	4*	1907.5	85.0±2.7	67.2±5.0	6.3±1.4	9.5±1.4	4.0±0.9	5	2
5	3*	2496.7	73.1±6.6	36.3±10.0	6.5±1.5	6.8±1.2	3.2±1.5	2	0
6	2*	2450.1	54.1±6.2	60.4±7.3	4.2±0.9	9.3±0.9	2.8±0.6	3	1
7	3*	2397.5	43.1±3.2	44.1±10.5	10.9±3.4	7.5±1.4	4.4±1.3	2	0

n=5 bitki kullanılmıştır. ¹Toprak üstü aksamı, *Diğer bitkiler deneme tamamlanmadan önce kurduğu için izolasyon yapılamamıştır. Harflendirmeler P≤0.05 düzeyinde farklılıkları arz eder.

Bu etmenin diğer bitkileri de enfekte etme kabiliyeti ile tarımsal alanlarda büyük bir yıkıma neden olacağı öngörülmüştür. Nitekim etmenin domates yanında fıstık ağaçlarında (Derviş ve ark., 2019), çam ağaçlarında (Türkölmez ve ark., 2019; Alizadeh ve ark., 2022), ceviz ve badem ağaçlarında (Derviş ve ark., 2019; Oksal ve ark., 2020) enfeksiyon yaptığı tespit edilmiştir. Deneme sonlandırıldığında uygulama grubu bitki kök ve gövdelerinin önce yaş ağırlıkları daha sonra kuru ağırlıkları hesaplanmıştır (Tablo 3). Kontrol grubunda ortalama bitki yeşil aksam yaş ağırlığı, 85.62 gram olarak belirlenirken, uygulama gruplarından 6. grup 79.52 gram ile kontrol grubuna en yakın ağırlığa sahip olmuş, en düşük yaş ağırlığına sahip grup ise 36.30 gram ile 5. uygulama grubu olmuştur. Bitki yeşil aksam kuru ağırlıkları yaş ağırlıkları ile doğru orantılı olarak azalmıştır. Bitki kök kuru ağırlıkları da yaş ağırlıkları ile orantılı olarak azalmıştır. Ölçüm sonucu inokulasyon metodlarının bitki organik madde ağırlığını önemli derecede düşürdüğü, uygulamalar arasında kökten inokulasyonu esas alan inokulasyonların diğer parametrelerde de görüldüğü ve önemli kayıplara neden olduğu belirlenmiş, yapraktan yapılan inokulasyonların da patolojik açıdan bitki yaş ve kuru ağırlığını yani organik madde miktarını azalttığı tespit edilmiştir.

3.5. Çiçek ve meyve sayısı

Denemede bitkinin çiçek ve meyve sayıları da kayıt altına alınmıştır. Fakat genel itibarıyla bitki generatif üremeye geçememiş ve çok az sayıda çiçek ve meyve oluşumu görülmüştür. Deneme sonlandırıldığında bitki üzerinde sıcaklığın artması ile çiçek oluşumu güçleşmiştir. Uygulama gruplarındaki çiçek ve meyve sayısı kontrol grubundan farklılık göstermiş yine kök kısmından yapılan inokulasyonun çiçek ve meyve sayılarına etkisi daha fazla olmuştur. Bu çalışmada hastalık etmeninin bitkilere hangi yöntemle verilirse verilsin verimi önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür. Bu da patojenin ciddi boyutta saldırganlık özelliği sergilediğinin göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında kullandığımız parametreler toplu olarak değerlendirildiğinde inokulasyon metodları ile ilgili bir dendogram oluşturulmuş, bu dendograma göre kontrol grubu diğer gruplardan ayrılırken yapraktan ya da toprak üstünden yapılan inokulasyonlar ile kök kısmından yapılan inokulasyonlar bitkide önemli düzeyde kalite ve kantite kaybı oluşturmuş, kök ve toprak üstü inokulasyonlar ayrı ayrı gruplaşmış, kök inokulasyonlarının daha ağır kayıplara neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Inokulasyon metotlarının elde edilen parametreler bazında gruplandırılması.

Figure 5. Dendrogram of the inoculation methods based on the parameters.

N. dimidiatum'un dünya çapında, birçok konukçuda enfeksiyonlara neden olduğu rapor edilmiştir (Polizzi ve ark. 2009; Marques ve ark. 2013; Rolshausen ve ark. 2013; Derviş ve ark. 2019; Türkölmez ve ark. 2019; Zaeimian ve ark., 2023). Bu etmen, Botryosphaeriaceae familyasına ait en saldırgan etmen olarak kabul edilmiştir (Gusella ve ark., 2021). Kaliforniya'da badem dal ve gövde kanserleri üzerinde yapılan bir çalışmada, *N. dimidiatum*'un şiddetli enfeksiyonlara yol açtığı tespit edilmiş ve bu etmenin yaygın olarak görüldüğü doğrulanarak, patojenin neden olduğu hastalıkların yakın zamanda arttığı belirlenmiştir (Nouri ve ark. 2018). Yapılan bir diğer çalışmada, Güney Florida'da pithaya (*Hylocereus* spp.) bitkilerinde *N. dimidiatum* etmeninin sıcaklığın artışı ile birlikte gerek misel büyümesinde gerekse de konidi sayısında artış gözlemlendiği ve 32°C'nin optimum sıcaklık koşulları olduğu tespit edilmiştir (Hong ve ark., 2020). Mevcut deneme çalışmamızda hava sıcaklığının 30-35°C civarlarında seyretmesi dolayısı ile simptomlarda artış gözlemlenmiş, reizolasyonlar başarılı bir şekilde yapılmıştır. *N. dimidiatum*'un birçok fungus türü ile aynı enfeksiyon döngüsüne sahip olduğu ancak bir

apressorium veya penetrasyon çivisi oluşturmadığı, etmenin konukçu bitkinin hücreler arası boşluğuna stomalar yoluyla girdiği ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2023). Bir başka çalışmada ise bu etmenin ait olduğu familyanın diğer üyelerinin, yaralardan veya lentisel ve stoma gibi doğal açıklıklardan giriş yaptığı ileri sürülmüş (Belair ve ark., 2022), mevcut çalışmamızda da yaprağa ve gövdelere püskürtülen ve köklere inokule edilen hastalık etmeninin, stomalardan, lentisellerden, gövde yaralarından ve kök kısmındaki mikro açıklıklardan girdiği gözlemlenmiştir. Dolayısı ile bitkinin toprak üstü ve toprak altı aksamlarından sorunsuz bir şekilde giriş yapabilen bu etmenin apressorium ve penetrasyon çivisi oluşup oluşturmadığı hakkında net bir bilgi bulunmamasına rağmen etmenin penetrasyon kabiliyetinin bir sonraki çalışma planımızda yer aldığı ve virülenslikle yakından ilişkili olan patolojik enzimlerin (protease, laccase, cellulase, vb) değerlendirilmesi gerektiği öngörülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada *Neoscytalidium dimidiatum* hastalığının bitkide meydana getirdiği etkiyi, hastalığa karşı bitki direncini ve duyarlılığını

belirlemek amacıyla farklı inokulasyon yöntemleriyle ile inokulasyon yapılmıştır. Hastalık etmeninin farklı noktalardan inokule edilmesiyle hastalıkla mücadele stratejisini belirlemek için veritabanı oluşturulmuştur. Bitkinin büyüme ve gelişme sürecini değerlendirmek ve hastalığın bitki üzerindeki etkisini belirlemek için deneme periyodu boyunca boy ölçümü, simptom değerlendirmeleri yapılmış, deneme sonunda bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Deneme sonucunda herhangi bir uygulamadaki bitki boyları ve hastalık parametreleri incelendiğinde etmenin oldukça agresif bir biyolojiye sahip olduğu, doku içinde patojenin her yöne dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Enfeksiyon başlatma noktasında inokulasyon metodu önemli bulunmayıp enfeksiyon sonrası hastalık hızının eksternal ve internal olarak ilerlediği tespit edilmiştir. Kök bölgesinden yapılan inokulasyonun etkinliği göze çarpmış, enfeksiyon periyodunun uzaması ile kök veya toprak üstü aksamdan yapılan inokulasyonların çok da önemli olmadığı belirlenmiştir. Bir sonraki çalışmada, fungal etmenin bitki iletim sisteminde yol açtığı yıkımın histolojik olarak incelenmesinin bitkinin savunma sistemini yapısal olarak nasıl etkilediği ve patojenin iletim sisteminde hangi bölgelere kadar ulaşabildiği dolayısı ile bitkide oluşan yıkımın ve kurumaların toksik etkiden mi, yoksa hormonal dengesizlikten mi kaynaklandığı konuları daha net ortaya konabilecektir. Hastalık etmeni ile mücadele yapılırken hastalıktan arı sertifikalı tohum/fide kullanılması, sulama ve gübreleme gibi kültürel yöntemler ve kimyasal mücadele için yeşil aksam ilaçlaması, vektörler ile mücadele, yara yerlerinden inokulasyonun önlenmesi için budama alet ve cihazlarının dezenfekte edilmesi, kültürel önlemlerin ön planda tutulması gibi tarımsal mücadele esaslarının yer aldığı entegre mücadele yöntemlerinin bu çalışma sonucunda, bu hastalık etmeni için çok da geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Konukçu bitkinin genetik ve biyokimyasal elementler kullanmak sureti ile dayanıklı hale getirilmesi ön planda tutulmaktadır. Özellikle sistemik kazanılmış dayanıklılık (Systemic acquired resistance, SAR) mekanizmasını harekete

geçirecek biyokontrol ve biyokimyasal yolların araştırılması, genetik yaklaşımların yani dayanıklı tohum ve bitki elde etmenin sağlanması gerekmektedir. Örneğin, böcek emgisini simüle etmek için kullanılan iğneleme yöntemi veya budama alet ve ekipmanlarını ve fiziksel zararları simüle eden yaralanma olayı ile yaprakdan sprey yöntemi yani rüzgar ile taşınan fungal sporların inokulasyon mekanizmasını simüle eden yöntemlerin, hastalığın ilk aşamalarında önemli olduğu ancak etmenin bitkiye yerleşmesinden sonra enfeksiyon hızının artarak devam etmesi ile bu alanlarda yapılacak önleyici veya koruma amaçlı çalışmaların kısmi başarı sağlayacağı öngörülmüştür. Topraktan sürekli inokulasyonu simüle eden buğday kalıntıları üzerinde bulunan fungal etmenin sürekli enfeksiyon oluşturması yani fungal etmen ile kontamine olmuş sulama suyu veya daha önceki yıllardan kalmış hastalıklı bitki artıklarının sürekli enfeksiyon kaynağı oluşturacağı konusu oldukça önemli bulunmuştur. Bu çalışma, bu alanda yapılan çalışmaların ilk aşaması olup, farklı inokulasyon yöntemlerinin bitki savunma mekanizması ve moleküler değişime farklı şekillerde etki edip etmeyeceğinin ele alınacağı aşamanın yapılması gerektiği üzerinde durmaktayız.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

Akgül, D.S. Savaş, İ.G., Özarslan, M., 2020. First report of wood canker caused by *Lasiodiplodia exigua* and *Neoscytalidium novaehollandiae* on grapevine in Turkey. *APS Publication*, 103(5): 1-2.

- Alizadeh, M., Safaie, N., Shams-Bakhsh, M., Mehrabadi, M., 2022. *Neoscytalidium novaehollandiae* causes dieback on *Pinus eldarica* and its potential for infection of urban forest trees. *Scientific Reports*, 12(1): 9337.
- Al Raish, S.M., Saeed, E.E., Sham, A., Alblooshi, K., El-Tarabily, K.A., Abu Qamar, S.F., 2020. Molecular characterization and disease control of stem canker on royal poinciana (*Delonix regia*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in the United Arab Emirates. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3): 1033.
- Anonim, 2014. Agriculture Production Data. FAO Statistical Database, (<http://faostat.fao.org>), (Accessed: 29.08.2018).
- Aydın, A., Çetin, A.N., Başak, H., Başpınar, A., 2022. Tuz stresi altındaki domates bitkilerine yapılan mikrobiyal (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* ve *Trichoderma harzianum* T78) uygulamaların morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkileri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1): 32-42.
- Bai, Y., Lindhout, P., 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, 100(5): 1085-1094.
- Bakhshizadeh, M., Hashemian, H.R., Najafzadeh, M.J., Dolatabadi, S., Zarrinfar, H., 2014. First report of rhinosinusitis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Iran. *Journal of Medical Microbiology*, 63:1017-1019.
- Bakir, S., Kamiloglu, S., Tomas, M., Capanoglu, E., 2018. Tomato Polyphenolics: Putative applications to health and disease. In: R. R. Watson, V. R. Preedy and S. Zibadi (Ed), In polyphenols: mechanisms of action in human health and disease, 3rd edn., Elsevier, p. 93-102.
- Belair, M., Grau, A.L., Chong, J., Tian, X., Luo, J., Guan, X., Pensec, F., 2022. Pathogenicity factors of botryosphaeriaceae associated with grapevine trunk diseases: New developments on their action on grapevine defense responses. *Pathogens*, 11(8): 951.
- Campbell, C.L., Madden, L.V., 1990. Introduction to plant disease epidemiology. CABI, New York.
- Crous, P.W., Slippers, B., Wingfield, M.J., Rheeder, J., Marasas, W.F., Philips, A.J., Groenewald, J.Z., 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in mycology*, 55(1): 235-253.
- Cui, J., Shao, G., Lu, J., Keabetswe, L., Hoogenboom, G., 2019. Yield, quality and drought sensitivity of tomato to water deficit during different growth stages. *Scientia Agricola*, 77:3406-3415.
- Cramer, J., Berlin Yıldız, F., 2010. Domateste (*Solanum lycopersicum* L.) bazı hastalık ve zararlıların teşhisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Da Silva, R.T., Guimaraes, D.A., Camargo, Z.P., Rodrigues, A.M., Maceira, J.P., Bernardes Engemann, A.R., Orofino-Costa, R., 2016. Cutaneous murine model of infection caused by *Neoscytalidium dimidiatum*: a preliminary study of an emerging human pathogen. *Medical Mycology*, 54, 890-898.
- Dere, S., 2021. Kuraklık Stresi koşullarında bakteri uygulamasının domates bitkileri üzerine etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(1):52-62.
- Derviş, S., Özer, G., Türkölmez, Ş., 2020. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* causing stem blight on tomato in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102(4): 1339-
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çifçi, O., Ulubaş Serçe, Ç., Dikilitaş, M., 2019. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* Causing canker, shoot blight and root rot of pistachio in Turkey, *Plant Disease*, 1-2.

- Dikilitas, M., 2003. Effect of salinity and its interactions with *Verticillium albo-atrum* on the disease development in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and lucerne (*Medicago sativa* L and *M. media*) plants. Swansea University (United Kingdom).
- Dixon, G.R., Doodson, K.J., 1971. Assessment keys for some diseases of vegetable, fodder and herbage crops. *Journal of the National Institute of Agricultural Botany*, 12: 299-307.
- Farr, D.F. Rossman, A.Y., 2018. Fungal Databases. Systematic mycology and microbiology laboratory. ARS, USDA
- Gao, J., Kim, S.J., Brown, M.S., 2011. Constructing image panoramas using dual-homography warping. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Conference Proceedings Book, 20-25 June, Colorado Springs, CO, ABD, s. 49-56.
- Gimaret-Carpentier, C., Pelissier, R., Pascal, J. P., Houllier, F., 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of Vegetation Science*, 9(2): 161-172.
- Gusella, G., Morgan, D.P., Michailides, T.J., 2021. Further investigation on limb dieback of fig (*Ficus carica*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in California. *Plant Disease*, 105(2): 324-330.
- Gümüş, M., Uygun, A.E., Demirel, Ö., Talapov, T., Akveç, O., Canan, C., 2023. Development of pathogen ascochyta species of wild legumes in different media. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 649-669.
- Güvenç, İ., 2019. Türkiye’de domates üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 57-61.
- Hong, C.F., Gazis, R., Crane, J.H., Zhang, S., 2020. Prevalence and epidemics of *Neoscytalidium* stem and fruit canker on pitahaya (*Hylocereus* spp.) in South Florida. *Plant Disease*, 104(5): 1433-1438.
- Karakaş Dikilitaş, S., 2013. Farklı tuz seviyelerindeki topraklarda yetiştirilen domatesin gelişimi ve bazı fizyolojik özellikleri ile toprak iyileştirilmesi üzerine arkadaş bitkilerin etkileri. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Keskin, G., 2021. Türkiye’nin domates üretimindeki kayıpları ve rekabet gücü. *Eurasian Journal of Agricultural Economics*, 1(2): 18-37.
- Kılınç, B., Güldür, M., Dikilitaş, M., 2022. Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*’nın bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1): 25-39.
- Kurt, S., Uysal, A., Soylu, E.M., Kara, M., Soylu, S., 2019. First record of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with pistachio dieback in the Southeastern Anatolia region of Turkey. *Mycologia Iranica*, 6(1): 5-57.
- Marques, M.W., Lima, N.B., de Moraes, M.A., Michereff, S.J., Phillips, A.J., Camara, M.P., 2013. Botryosphaeria, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity*. 61:195-208.
- Moller-Nielson, H.J., Andreasen, B., 1971. *Verticillium albo-atrum* in lucerne I. The effect of different methods inoculation. *Kongelige Verterinaer-og Landbohoisholes Aarsskrift, Kobenhavn*, 1971: 35-49.
- Minoia, S., Petrozza, A., D’Onofrio, O., Piron, F., Mosca, G., Sozio, G., Cellini, F., Bendamane, A., Carriero, F., 2010. A new mutant genetic resource for tomato crop improvement by Tilling technology. *BMC Research Notes*, 3(1): 1-8.

- Nangare, D.D., Singh, Y., Kumar, P.S., Minhas, P.S., 2016. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*, 171: 73-79.
- Navarro-González, I., García-Alonso, J., Periago, M.J., 2018. Bioactive compounds of tomato: Cancer chemopreventive effects and influence on the transcriptome in hepatocytes. *Journal of Functional Foods*, 42: 271-280.
- Nouri, M.T., Lawrence, D.P., Yaghmour, M.A., Michailides, T.J., Trouillas, F.P., 2018. *Neoscytalidium dimidiatum* causing canker, shoot blight and fruit rot of almond in California. *Plant Disease*, 102:1638-1647.
- Oksal, E., Yiğit, T., Özer, G., 2020. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing shoot blight, dieback and canker of apricot in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102(2): 579-580.
- Ören, E., Koca, G. Bayraktar, H., 2020. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with branch dieback on Japanese persimmon in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102: 1311-1312.
- Ören, E., Koca, G., Gencer, R., Bayraktar, H., 2020. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15:17
- Pavlic, D., Wingfield, M.J., Barber, P., Slippers, B., 2008. Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia*, 100(6):851–856.
- Polizzi, G., Aiello, D., Vitale, A., Giuffrida, F., Groenewald, J.Z., Crous, P.W., 2009. First report of shoot blight, canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on citrus in Italy. *Plant Disease*, 93:1215.
- Ray, J.D., Burgess, T., Lanoiselet, V.M., 2010. First record of *Neoscytalidium dimidiatum* and *N. novaehollandiae* on *Mangifera indica* and *N. dimidiatum* on *Ficus carica* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 5:48–50.
- Rhodes, D., Nadolska-Orczyk, A., 2001. Plant Stress Physiology. D. Rhodes (Ed), Stress Factors, Their Influence on Plant Metabolism, and Tolerance or Resistance to Stress, Indiana, USA, s. 1-7.
- Rolshausen, P.E., Akgül, D.S., Perez, R., Eskalen, A., Gispert, C., 2013. First report of wood canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on grapevine in California. *Plant Disease*, 97:1511.
- Shao, G.C., Deng, S., Liu, N., Wang, M.H., She, D.L., 2015. Fruit quality and yield of tomato as influenced by rain shelters and deficit irrigation. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17:691-704.
- Sharma, G., Elazar, M., Maymon, M., Meshram, V., Freeman, S., 2024. Identification and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neoscytalidium* species associated with mango (*Mangifera indica*) dieback disease in Israel. *Phytoparasitica*, 52(1): 8.
- Soesilo, A.W., Sari, I.A., 2014. Relationship between the shoot characteristics and plant resistance to vascular-streak dieback on cocoa. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 30(3): 181-189.
- Sultan, D., 2021. Kuraklık stresi koşullarında bakteri uygulamasının domates bitkileri üzerine etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(1): 52-62.
- Türkölmez, Ş., Derviş, S., Çiftçi, O., Serçe, Ç. U., Dikilitaş, M., 2019. New disease caused by *Neoscytalidium dimidiatum* devastates tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in Turkey. *Crop Protection*, 118:21-30.
- Von Arx, J.A., 1987. Plant Pathogenic Fungi.

- Wang, M., Xu, M., Wang, Z., Ding, Y., Kang, S., Jiang, S., Tang, H., 2023. Whole-genome sequencing and comparative genomics reveal the potential pathogenic mechanism of *Neoscytalidium dimidiatum* on pitaya. *Microbiology Spectrum*, 11(6): e02733-23.
- Yılmaz, C., Özer, H., 2022. Organik ve geleneksel yetiştirme tekniklerinin domatese etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(1):23-36.
- Yılmaz, K., Faten, A.R., Arvas, Y.E., Durmuş, M., 2018. Domates bitkisi ve *in vitro* mikroçoğaltımı (domates bitkisi ve *in vitro* mikroçoğaltımı). *Mühendislik Teknolojisi ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(1): 57-73.
- Zaeimian, Z., Fotouhifar. K.B., 2023. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* as the causal agent of leaf blight on *Clivia miniata*. *Scientific Reports*, 13(1):16110.
- Zhao, D., Glynn, N.C., Glaz, B., Comstock, J.C., Sood, S., 2011. Orange rust effects on leaf photosynthesis and related characters of sugarcane. *Plant Disease*, 95(6): 640-647.

Atıf Şekli	Kılınç, B., Dikilitaş, M., Güldür, M.E., 2025. <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> [(Penz.) Crous & Slippers] ile İnokule Edilen Domates (<i>Solanum lycopersici</i> Mill) Bitkilerinde Meydana Gelen Patolojik Değişiklikler Üzerine İnokulasyon Metodlarının Etkisi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(1): 48-64. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14160891 .
To Cite	Kılınç, B., Dikilitaş, M., Güldür, M.E., 2025. Effect of Inoculation Methods on Pathological Changes in Tomato (<i>Solanum lycopersici</i> Mill.) Plants Inoculated with <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> [(Penz.) Crous & Slippers]. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(1): 48-64. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14160891 .



Tarım Alanlarından İzole Edilen *Bacillus* spp., Suşlarının Ürettiği İnsektisidal Proteinlerinin Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu ile Karakterizasyonu

Uğur AZİZOĞLU^{1*}

¹ Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kayseri

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): azizoglu@kayseri.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, tarım arazilerinden izole edilen *Bacillus* spp. suşlarının ürettiği insektisidal proteinler, alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (FESEM) kullanılarak karakterize edilmiştir. *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) bakterisinin ürettiği Cry proteinleri, böcekler üzerinde toksik etkiler gösteren kristal yapılardır ve biyolojik mücadele alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Araştırmada, Kayseri ilinin 5 farklı ilçesinin tarım alanlarından toplanan toprak örneklerinden *Bacillus* suşları izole edilmiştir. Çalışma kapsamında toplam 203 bakteri izolatu elde edilmiş ve bunların 75 'nin *Bacillus* cinsine ait olduğu belirlenmiştir. Bu suşlar arasında, 5 *Bacillus thuringiensis* suşunun insektisidal kristal protein (ICP) ürettiği gözlemlenmiştir. FESEM analizleri sonucunda, bipyramidal, küresel ve düzensiz şekillerde ICP yapıları elde edilmiştir. Bu proteinlerin böcek türleri üzerinde etkili olabileceği ve tarım zararlılarıyla mücadelede biyopestisit olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Characterization of Insecticidal Proteins Produced by *Bacillus* spp. Strains Isolated from Agricultural Fields by Field Emission Scanning Electron Microscopy

Abstract

In this study, insecticidal proteins produced by *Bacillus* spp. strains isolated from agricultural fields were characterized using field emission scanning electron microscopy (FESEM). Cry proteins produced by the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) are crystalline structures with toxic effects on insects and are widely used in biological pest control. The research involved isolating *Bacillus* strains from soil samples collected from agricultural areas across five different districts in Kayseri Province. A total of 203 bacterial isolates were obtained, of which 75 were identified as belonging to the *Bacillus* genus. Among these, five *Bacillus thuringiensis* strains were observed to produce insecticidal crystal proteins (ICPs). FESEM analyses revealed ICP structures in bipyramidal, spherical, and irregular shapes. These proteins were found to be effective against insect species, suggesting their potential as biopesticides in agricultural pest management.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :26.08.2024

Kabul Tarihi :28.09.2024

Anahtar Kelimeler

Bacillus

cry protein

elektron mikroskop

suşlar

Research Article

Article History

Received :26.08.2024

Accepted :28.09.2024

Keywords

Bacillus

cry protein

electron microscopy

strains

1. Giriş

Biyoinsektisitler, entomopatojen bakteriler, mantarlar, nematodlar ve virüsleri içeren biyolojik ajanlar aracılığıyla tarımsal zararlıları hedef alan çevre dostu pestisitlerdir. Son yıllarda, biyoinsektisitlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar artmıştır; bu artış, sentetik kimyasalların çevresel zararlarının anlaşılmasıyla daha da hızlanmıştır. Biyoinsektisitler, yalnızca zararlı kontrolünde değil, aynı zamanda ekosistem sağlığını koruma ve insan sağlığı risklerini en aza indirme bakımından da güvenli bir alternatif olarak görülmektedir. Tarımda biyoinsektisitlerin kullanımı yaygınlaşmış olup, ekolojik dengenin korunmasında önemli rol oynamaktadır.

Bacillus thuringiensis (*Bt*), biyoinsektisitlerin yaygın bir örneği olup, larval aşamada böceklerde öldürücü etki gösteren kristal proteinler (Cry proteinleri) üretir. Bu proteinler, böceklerin sindirim sisteminde bağlanarak hücrelerde lizise yol açar ve böylece zararlıyı öldürür. Piretrin, neem yağı ve spinosad gibi doğal bileşikler ise belirli böcek türlerine karşı etkili olup kimyasal pestisitlere göre daha düşük toksisite seviyesine sahiptir ve hedef dışı organizmalara daha az zarar verir (Azizoğlu ve ark., 2012).

Bacillus türü bakteriler, başlıca toprak olmak üzere pek çok farklı kaynaktan izole edilebilmektedir (Raymond ve ark., 2010). Bu türler arasında bulunan *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), yaşam döngüsünü iki ana evrede tamamlar: vejetatif hücre bölünmesi ve sporlanma. Gram pozitif hücre duvarına sahip olan ve çubuk formunda, 2-5 µm uzunluğunda ve 1 µm genişliğinde olan vejetatif hücreler, bu bakterinin ilk evresini temsil eder (Bulla ve ark., 1980). Sporlanma sırasında, *Bt*, Cry proteinleri olarak bilinen kristal proteinler üretir ve bu proteinler, spesifik pestisit etkileri nedeniyle dünya genelinde biyolojik mücadelede yaygın bir şekilde kullanılır

(Schnepf ve ark., 1998). Cry proteinleri, tarımsal zararlı böcek takımlarının belirli türlerine karşı toksik etkiler gösterir. Sporlanma süreci, yedi aşamalı asimetrik bir hücre bölünmesini içerir. İlk olarak aksiyal filamentler oluşur, ardından ön spor septumu meydana gelir ve üçüncü aşamada parasporal kristallerin oluştuğu engulfment süreci başlar. Dördüncüden altıncı aşamaya kadar ekzosporium, öncül hücre duvarı ve korteks gelişimi gerçekleşir; yedinci ve son aşama ise sporun olgunlaşması ile tamamlanır (Mohamed ve ark., 2010). *Bt*'nin, nematodlar ve akarlar gibi bazı omurgasızlara da toksik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Van Frankenhuyzen, 2009). *Bt*'nin tanımlanması sırasında kristal proteinlerin ve bunlara ait genlerin tespiti büyük önem taşır. Bu amaçla, *Bt*'nin ürettiği kristal proteinlerin boyanması ve ışık veya faz-kontrast mikroskopları ile incelenmesi etkili yöntemlerdir. Kristal yapıların daha ayrıntılı incelenmesi içinse elektron mikroskobu kullanımı tercih edilir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Toprak örneklerinin toplanması

Kayseri ilinin yoğun tarım yapılan Felahiye, Yeşilhisar, Yahyalı, Akkışla ve Sarıoğlan ilçelerinden toprak örnekleri toplanmıştır. Toprak örneklerinin alınacağı yerlerin ticari mikrobiyal gübre ve mikrobiyal insektisit (*Bt* temelli) uygulaması yapılmamış alanlar olmasına dikkat edilerek, özellikle tarım alanlarından alınan numuneler için çiftçilerden ticari gübre ve mikrobiyal insektisit uygulayıp uygulamadıkları teyit edilmiştir. Örnekler toplanırken; 3-7 cm derinlikten tüm tarlayı temsil edecek şekilde 10 farklı noktadan yaklaşık 100'ar gram alınarak karıştırılmış ve numaralandırılmıştır. Örnek alınan yerlerin koordinat bilgileri GPS ile kayıt edilerek (Tablo 1) toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar enlem, boylam ve yükseklikleri dikkatli şekilde kayıt altına alınmıştır. Bakteri izolasyonu yapılabildiği kadar toprak örnekleri +4 °C'de saklanmıştır.

Tablo 1. Toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar ve GPS kayıtları**Table 1.** GPS records and locations of soil samples collection

Lokasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Felahiye-arpa tarlası	N 39 6' 6,4"	E 35 34' 57"	1331
Yeşilhisar-ayçiçeği tarlası	N 38 19' 44"	E 35 05' 46"	1101
Yahyalı-pancar tarlası	N 38 10' 00"	E 35 21' 25"	1103
Akkışla- İtalyan çimi, yemlik	N 39 2' 57"	E 36 1' 47"	1191
Sarıoğlan-buğday tarlası	N 39 1' 8"	E 35 56' 4"	1184

2.2. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Toprak örneklerinin analizleri Erciyes Üniversitesi Toprak ve Bitki Besleme Laboratuvarında yapılmıştır. pH, organik madde, azot, fosfor, potasyum, değişebilir katyonları (Na, Ca, Mg ve K) ve mikro element (Fe, Cu, Zn ve Mn) analizleri ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

2.2.1. Toprak tekstürü

Toprakların tekstür analizinde "Bouyoucus hidrometre yöntemi" kullanılmıştır (Gee ve Hortage, 1986).

2.2.2. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprağın pH değeri, 1:2,5 oranında toprak-su karışımı ile hazırlanmış çözeltilerde cam elektrotlu pH metre yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmüştür (McLean, 1982).

2.2.3. Elektriksel iletkenlik (EC)

Yetiştirme ortamının EC değerleri elektriksel iletkenlik aleti ile belirlenecektir (Demiralay, 1993).

2.2.4. Kireç tayini (%)

Topraktaki kireç oranı, Nelson (1982) tarafından belirtilen yöntemle Scheibler Kalsimetresi kullanılarak volümetrik olarak hesaplanmıştır (Nelson, 1982).

2.2.5. Organik madde miktarı (%)

Toprağın organik madde içeriği, Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley ve Black, 1934).

2.2.6. Değişebilir katyon tayini

Topraktaki değişebilir katyon miktarları (Na, Ca, Mg ve K), 1 N amonyum asetat (pH=7.0) ile ekstrakte edildikten sonra ICP-

OES cihazında okunarak belirlenmiştir (Rhoades, 1982).

2.2.7. Fosfor tayini

Topraktaki fosfor içeriği, molibdofosforik mavi renk yöntemiyle oluşturulan çözeltilerin 660 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede ölçülmesiyle saptanmıştır (Olsen ve Summers, 1982).

2.2.8. Toplam azot tayini (%)

Toprağın azot miktarı, salisilik asit, sülfürik asit ve tuz karışımıyla yaş yakma işlemi uygulanarak mikrokjeldahl yöntemi ile hesaplanmıştır (Bremner, 1996).

2.2.9. Mikro element tayini

Elverişli Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları, DTPA yöntemi ile elde edilen süzüntülerde ICP-OES kullanılarak ölçülmüştür (Lindsay ve Norvell, 1978). Toprak içeriklerinin karşılaştırılması için MSTAT programı ile tek faktörlü ANOVA varyans analizi yapılmıştır. %99 güven aralığında ortalamalar, Tukey-Kramer HSD post-testiyle değerlendirilmiştir.

2.3. Toprak örneklerinden *Bacillus* cinsine ait bakterilerin izolasyonu

Toprak örneklerinden *Bacillus* cinsine ait bakterileri izole etmek amacıyla her bir toprak örneğinden 1 gram alınarak 9 ml steril saf su ile karıştırılmıştır. Örnekler, vorteks yardımıyla iyice karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında yaklaşık 20 dakika bekletilmiştir. Süre bitiminde karışımların üst kısmındaki sıvıdan 1 ml alınarak, içinde 0.25 M Sodyum-Asetat ile tamponlanmış 5 ml Luria-Bertani Broth (LB Broth) besiyeri bulunan 50 ml'lik falcon tüplerine aktarılmış ve 30 °C'de, 200 rpm'de çalkalamalı inkübatörde 4 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında örneklerden 1 ml alınarak, steril ependorf tüplerde 5 dakika boyunca 80°C sıcaklığa maruz bırakılmıştır.

Bu sürenin ardından örnekler, LB agar içeren petri kaplarına ekilerek 30 °C’de bir gece inkübasyona bırakılmıştır. Ertesi gün oluşan kolonilerden farklı özellikte olanlar seçilerek T3 katı sporlanma besiyerine ekilmiş ve yeniden 30°C’de bir gece inkübasyona bırakılmıştır (Travers ve ark., 1987; Azizoğlu, 2009; Katı ve ark., 2016).

2.4. Bakteriye izolatların taramalı elektron mikroskop görüntüsü

Basil olduğu belirlenen izolatlar, 5 ml T3 sıvı sporlandırma besiyerinde (T3 Sıvı sporlanma besiyeri; 1 lt distile su içerisinde 3 gr tripton, 2 gr triptoz, 1.5 gr maya özütü, 0.005 gr mangan klorür (MnCl₂), 6 gr monobazik sodyum fosfat (NaH₂PO₄), 7.1 gr dibazik sodyum fosfat (Na₂HPO₄) olacak şekilde çözelti hazırlanmış ve pH 6.8±2 ayarlandıktan sonra 121 °C’de 15 dk. otoklav edilmiştir (Travers ve ark., 1987). 30 °C’de 200 rpm’de, 7 gün boyunca çalkalamalı inkübatörde yetiştirilmiştir. 7. gün sonunda bakteri

kültürleri 4 °C 20.0000 xg’de çöktürülerek süpernatant uzaklaştırılmıştır. Pellet 1 ml steril dH₂O çözdürülerek solüsyondan 10 µl alınmış ve lam üzerine dikkatlice yayılmıştır. Lamlar oda sıcaklığında kurtulduktan sonra çift taraflı bant yardımıyla numune tutuculara sabitlenen örnekler, polaron sc 7620 mini sputter coater yardımıyla yaklaşık 45 angstrom kalınlığında Au/Pd (%80-%20Pd) ile kaplandıktan sonra Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan Zeiss Gemini 500 FESEM cihazında 16.00, 20.00, 30.00, 40.00 ve 50.00 K X farklı büyütmelemlerde görüntülenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toplanan tüm toprak örneklerinin killi-tınlı özellikte olduğu tespit edilmekle birlikte, pH ve mikro besin elementleri açısından belirgin farklılıklar sergilediği görülmüştür (Tablo 2).

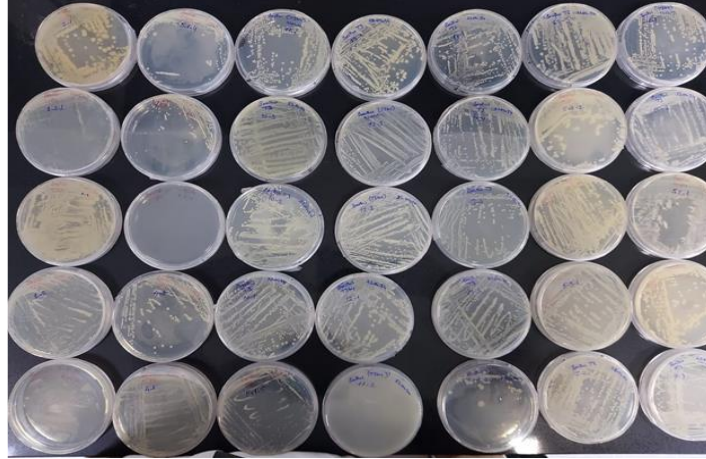
Tablo 2. Toprak örneklerinin analizi sonuçları
Table 2. Results of soil samples analyses

Toprak Örnekleri	Tekstür	pH	EC µs/cm	Organik madde %	Toplam N %	Kireç %	Fosfor kg da 1	Ca mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Na mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
Felahiye-arpa tarlası	Killi tn	8.00	258.0	2.43	0.12	13.35	4.86	1649.4	89.0	31.0	35.2	0.67	0.44	0.91	0.80
Yeşilhisar-ayçiçeği tarlası	Killi tn	8.97	464.0	2.88	0.14	13.52	3.26	1756.6	87.5	31.5	102.5	0.44	0.78	0.78	0.88
Yahyalı-pancar tarlası	Killi tn	7.81	496.0	2.96	0.15	14.53	3.65	1865.2	76.0	27.5	61.2	0.38	1.25	0.67	1.15
Akkışla- İtalyan çimi	Killi tn	7.99	507.0	2.96	0.15	8.54	2.36	1502.6	74.0	24.0	63.5	0.40	0.88	0.84	0.74
Sarıoğlan- buğday tarlası	Killi tn	8.43	366.0	2.86	0.14	12.58	7.45	2023.6	84.0	28.5	27.5	0.34	0.68	0.56	0.81

3.2. *Bacillus* cinsine ait bakterilerin belirlenmesi ve tanımlanması

5 ilçenin tarım arazisinden (Felahiye-arpa tarlası, Yeşilhisar-ayçiçeği tarlası, Yahyalı-pancar tarlası, Akkışla-İtalyan çimi, yemlik,

Sarıoğlan-buğday tarlası) alınan toprak örneklerinden toplamda 203 bakteri izolasyonu yapılmış ve 75 adet *Bacillus* cinsine ait bakteri suşu izole edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. *Bacillus* spp., izolatlarının LB katı besi ortamında koloni şekilleri

Figure 1. Colony morphology of *Bacillus* spp. isolates on LB agar medium

3.3. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (FESEM) ile insektisidal proteinlerin karakterizasyonu

Bacillus thuringiensis'in karakteristik özelliği olan Bipyramidal, Cubic, Spherical ve Irregular şekilli ICP (İnsektisidal kristal protein) proteinler görüntülenmiştir (Azizoğlu,

2011; Azizoglu ve ark., 2015; Yilmaz ve ark., 2017). 75 *Bacillus* spp., suşundan sadece 5 *Bacillus thuringiensis* suşunun insektisidal kristal protein ürettiği belirlenmiştir. 150 elektron mikroskop görüntüsü içinde farklı şekillerde olan 5 suşun net şekilde insektisidal protein ürettiği belirlenmiştir.

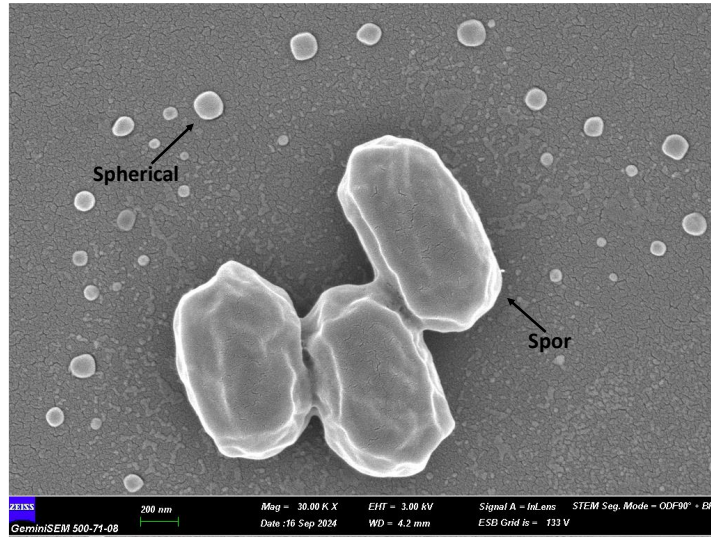


Şekil 2. *Bacillus thuringiensis* UA 60-2 suşunun bipyramidal protein görüntüsü

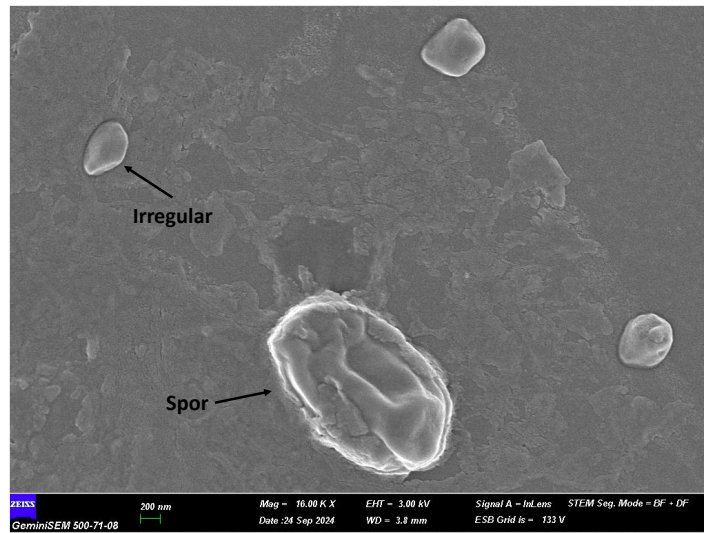
Figure 2. Bipyramidal protein structure of *Bacillus thuringiensis* UA 60-2 strain



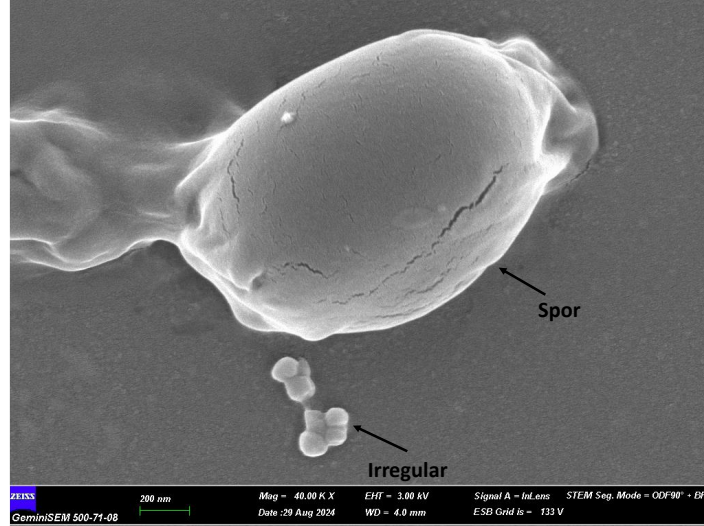
Şekil 3. *Bacillus thuringiensis* UA 66-6 suşunun bipyramidal protein görüntüsü
Figure 3. Bipyramidal protein structure of *Bacillus thuringiensis* UA 66-6 strain



Şekil 4. *Bacillus thuringiensis* UA 69-3 suşunun spherical protein görüntüsü
Figure 4. Spherical protein structure of *Bacillus thuringiensis* UA 69-3 strain



Şekil 5. *Bacillus thuringiensis* UA 77-1 suşunun irregular protein görüntüsü
Figure 5. Irregular protein structure of *Bacillus thuringiensis* UA 77-1 strain



Şekil 6. *Bacillus thuringiensis* UA 82-3 suşunun irregular protein görüntüsü

Figure 6. Irregular protein structure of *Bacillus thuringiensis* UA 82-3 strain

4. Sonuç

Bt'nin ürettiği ICP'ler, kristal yapılarının morfolojisine göre çeşitli gruplara ayrılır. Bunlar arasında en bilinenleri.

4.1. Bipiramidal kristaller

Bu kristaller, genellikle Lepidoptera (kelebekler ve güveler) türlerine karşı etkilidir. Cry1 proteinleri, en çok kullanılan *Bt* toksinleri arasında yer alır ve özellikle mısır, pamuk gibi tarım ürünlerinde Lepidoptera zararlılarıyla mücadelede kullanılır (Li ve ark., 2022).

4.2. Küresel kristaller

Diptera (sivrisinek ve kara sinek) türlerine karşı toksik olan Cry4 proteinleri, özellikle hastalık taşıyan sinek popülasyonlarını kontrol etmede kullanılır (Li ve ark., 2022).

4.3. Düzensiz kristaller

Bu tip kristaller ise daha geniş bir böcek grubuna etki gösterir ve diğer Cry proteinleri ile sinerjik olarak çalışarak toksisitesini artırabilir. Bu özellikleri sayesinde böcek türlerinde direnç gelişimini engellemede etkili olabilir (Wang ve ark., 2014). *Bt* insektisidal kristal proteinleri, biyolojik mücadelede sürdürülebilir bir seçenek sunar; ancak çevresel etkiler ve direnç sorunları nedeniyle dikkatli bir kullanım gerektirir. *Bt* proteinlerinin toprakta uzun süre kalıcılığı ve diğer organizmalar üzerindeki etkileri nedeniyle *Bt* transgenik bitkilerin ekim alanları, direnç yönetim programları ve

çevresel güvenlik değerlendirmeleri titizlikle yapılmalıdır (Wang ve ark., 2014). *Bt* proteini içeren biyopestisitlerin verimli ve güvenli kullanımını sağlamak için tarımsal uygulamalarda daha çeşitli *Bt* toksinleri ve kombinasyonları kullanılmalıdır.

Bt tarafından üretilen Cry proteinleri, tarımsal zararlılarla biyolojik mücadelede böceklere özgü şekilleri ve etki mekanizmaları ile öne çıkar. Bu proteinlerin her biri, farklı böcek türlerine uyum sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır. Cry1 proteinleri, bipiramidal yapıları sayesinde Lepidoptera takımındaki zararlılarda (örneğin kelebek ve güve larvalarında) bağırsak hücrelerine bağlanarak hücrede por (gözenek) oluşumuna neden olur. Cry2 proteinleri ise çift etkili bir yapı sunarak hem Diptera (karasinek ve sivrisinek gibi) hem de Lepidoptera türlerinde toksisite gösterir. Cry3 proteinleri ise kübik yapılarıyla Coleoptera (örneğin, patates böceği) üzerinde yüksek etkinlik sağlar.

Son yıllarda, Cry proteinlerinin böceklere özgü yapısal özellikleri üzerinde genetik modifikasyonlarla yapılan araştırmalar, proteinlerin spesifik zararlılara karşı etkinliklerini artırmayı hedeflemektedir. Örneğin, Cry2Ab proteinin mutasyonları ile farklı türlerdeki böcek bağırsak hücrelerine uyum sağlayan versiyonları geliştirilmiştir. Bu şekilde optimize edilen Cry proteinleri, biyopestisit etkinliğini artırarak çevreye daha

az zarar veren ve hedef odaklı zararlı kontrolü sağlama potansiyeline sahiptir (Fu ve ark., 2024).

Finansman

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 123O376 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Açıklama

Yazar, toprak analizi konusundaki değerli yardımlarından dolayı Dr. Adem Güneş'e ve istatistiksel veri analizi için Dr. Salih Karabörklü'ye teşekkür eder.

Kaynaklar

- Azizoglu, U., Yilmaz, S., Ayvaz, A., Karabörklü, S., 2015. Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD1 spore-crystal mixture on the adults of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29:653-658.
- Azizoglu, U., Yilmaz, S., Ayvaz, A., Karabörklü, S., Akbulut, M. 2011. Characterization of local *Bacillus thuringiensis* isolates and their toxicity to *Ephestia kuehniella* (Zeller) and *Plodia interpunctella* (Hübner) larvae *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 21:143-150.
- Azizoğlu, U. 2009. Ultraviyole radyasyonu ile ışınlanmış *Ephestia kuehniella* ve *Plodia interpunctella* larvaları üzerine tarım arazilerinden izole edilen *Bacillus thuringiensis* izolatlarının etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kayseri*.
- Azizoğlu, U., Bulut, S., Yılmaz, S., 2012. Biological control in organic farming; Entomopathogenic bioinsecticides. *Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*, 28:375-381.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen total. In *Methods of soil analysis part 3: Chemical methods* (D.L. Sparks, (Eds.), SSSA Book Series 5, *Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin*, 1085-1122.
- Bulla, L.A., Bechtel, D.B., Kramer, K.J., Shethna, Y.I., Aronson, A.I., Fitz-James, P.C., 1980. Ultrastructure, physiology and biochemistry of *Bacillus thuringiensis*. *Critical Reviews in Microbiology*, 8:147-204.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:143, Erzurum.
- Fu, B.W., Xu, L., Zheng, M.X., Shi, Y., Zhu, Y. J., 2024. Engineering of *Bacillus thuringiensis* Cry2Ab toxin for improved insecticidal activity. *AMB Express*, 14(1):1-8.
- Gee, G.W., Hortage, K.H., 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods second edition. Agronomy* No:9, 2. Edition pp., 383-441.
- Katı, H., Karaca, B., Gülşen Ş. H. 2016. Toprakta izole edilen *Bacillus* türlerinin tanımlanması ve biyolojik özelliklerinin araştırılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2:281-290.
- Li, Y., Wang, C., Ge, L., Hu, C., Wu, G., Sun, Y., Song, L., Wu, X., Pan, A., Xu, Q., Shi, J., Liang, J., Li, P., 2022. Environmental behaviors of *Bacillus thuringiensis* (Bt) insecticidal proteins and their effects on microbial ecology. *Plants (Basel)*, 11(9): 1-18.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42:421-428.
- McClean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties second edition. Agronomy. No:9, Part2* Edition pp.,199-224.

- Mohamed, A.I., Griko, N., Junker, M., Bulla, L.A., 2010. *Bacillus thuringiensis* A genomics and proteomics perspective. *Bioengineered Bugs*, 1:31-50.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum. methods of soil analysis part2. Chemical and microbiological properties second edition. *Agronomy*. No:9, Part2 Edition pp., 191-197.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. methods of soil analysis part2. Chemical and microbiological properties second edition. *Agronomy*. No:9, Part2 Edition pp., 403-427.
- Raymond, B., Johnston, P. R., Nielsen-LeRoux, C., Lereclus, D., Crickmore, N., 2010. *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen. *Trends in Microbiology*, 18(5):189-194.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable cations. Methods of soil analysis part2. Chemical and microbiological properties second edition. *Agronomy*. No:9. Part 2 Edition pp., 159-164.
- Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., Zeigler, D.R., Dean, D.H., 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62:775-806.
- Travers, R. S., Martin, P. A. W., Reichelderfer, C.F., 1987. Selective process for efficient isolation of soil *Bacillus* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 53:1263-1266.
- Van Frankenhuyzen, K., 2009. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*, 101:1-16.
- Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38.
- Wang, F., Peng, S., Cui, K., Nie, L., Huang, J., 2014. Field performance of “*Bt*” transgenic crops: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 8(1):18-26.
- Yılmaz, S., Ayvaz, A., Azizoglu, U., 2017. Diversity and distribution of *cry* genes in native *Bacillus thuringiensis* strains isolated from wild ecological areas of East-Mediterranean region of Turkey. *Tropical Ecology*, 58:605-610.

Atf Şekli	Azizoğlu, U., 2025. Tarım Alanlarından İzole Edilen <i>Bacillus</i> spp., Suşlarının Ürettiği İnsektisidal Proteinlerinin Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskopu ile Karakterizasyonu. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(1): 65-73. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14168751 .
To Cite	Azizoğlu, U., 2025. Characterization of Insecticidal Proteins Produced by <i>Bacillus</i> spp. Strains Isolated from Agricultural Fields by Field Emission Scanning Electron Microscopy. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(1): 65-73. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14168751 .



Prediction of Moisture Content in Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Dried Using Machine Learning Approaches

Halil Nusret BULUS^{1*}, Soner CELEN¹

¹ Tekirdag Namık Kemal University, Corlu Faculty of Engineering, Tekirdag

*Corresponding author: nbulus@nku.edu.tr

Abstract

Predicting product drying kinetics is crucial for achieving optimal drying processes without compromising product quality. This prediction technique necessitates the development of numerical drying models. The aim of this research is to compare prediction models developed using two popular machine learning approaches in recent years: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANN). In this study, kiwi slices of three different thicknesses were dried using 90 W microwave power. Prediction models were developed using experimental data. The input for the training algorithm included kiwi slice thickness and drying time, while the output was the moisture content of the product. The performance of the models was evaluated by comparing the obtained outputs with experimental data from test sets. These models were assessed using mean absolute percentage error, correlation coefficient, root mean square error and mean bias error metrics. The ANN-based prediction model demonstrated better performance compared to the ANFIS model. The results of these tests indicate that both methods can be used for predicting the moisture content of kiwi slices.

Research Article

Article History

Received :27.08.2024

Accepted :28.09.2024

Keywords

Anfis

kiwi

machine learning

microwave drying

1. Introduction

Food products become unsuitable for consumption in a relatively short time due to activities caused by water. To obtain a long-term product without significant quality deterioration, the water within food products needs to be removed. Drying is one of the most commonly used processes for this purpose (Akal et al., 2014). In natural drying applications, prolonged drying times, exposure to environmental effects, and a decrease in nutritional value can lead to a loss in both quality and economic value of the products. Therefore, performing the drying process with specially designed artificial dryers not only shortens the drying time but also results in cleaner, higher-quality products with longer shelf life (Darıcı and Şen, 2012; Çelen et al., 2018). Kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) is highly nutritious due to its strong antioxidant capacity, which is attributed to its high levels of vitamin C, carotenoids, lutein, phenolics, flavonoids, and chlorophyll. The drying process has become a suitable food preservation method to extend the shelf life of food products. Various methods are needed to preserve many fruits to prolong their shelf life (Kaya et al., 2008; Acar et al., 2023).

One of the most commonly used methods is convective hot air drying. The aim is to change the moisture content on the outer surface of the food by applying hot air to the product. The change in moisture on the outer surface creates a difference in moisture concentration between the inner surfaces and the other. Microwave energy drives molecular activity that causes water to evaporate. It achieves this by increasing the kinetic energy of the molecules and thus increasing the friction forces. This process creates a pressure difference by increasing the internal pressure, which allows moisture to be transferred from the inner surface to the outside. The method of removing water vapor with the help of pressure differences significantly increases the drying rate (Akal et al., 2014).

Drying is a complex process characterized by the simultaneous occurrence of heat, mass, and momentum transfer phenomena. Effective

models are required to design, optimize, and regulate the drying process (Khazaei et al., 2013). This study focuses on developing a model to predict the drying process. Mathematical modeling, which typically consists of equations that describe the behavior of a process or system, offers a certain level of convenience and is widely used in agriculture and many other fields (Şevik et al., 2014).

Today, the use of machinery is widespread in various processes such as soil cultivation, harvesting, product processing, transportation, fertilization, and plant protection (Taşova et al., 2020). Artificial intelligence techniques like ANN and ANFIS are effective for predicting optimal conditions as they do not require any assumptions or simplifications. These methods aim to mimic the human brain's ability to learn patterns. Both techniques aim to derive a relationship between a previously obtained set of model inputs and their corresponding outputs (Mousavifard et al., 2015; Bulus, 2024).

ANFIS is known as the logical artificial neural network model. With existing data, training and classification of the system and prediction of error and unknown values can be achieved. It is used effectively in the continuation and modeling of inaccurate problems (Turan et al., 2015). The structure of ANFIS includes a network architecture representing the neural learning capabilities of Sugeno-type fuzzy systems. ANFIS integrates both artificial neural networks and fuzzy logic within its framework.

Artificial Neural Networks (ANNs) mathematically replicate the human brain's abilities to learn, generate, and discover new knowledge, learning through experiences and using this information in decision-making. ANNs are computational systems inspired by the biological neural networks of the brain. In recent years, artificial neural networks (ANNs) have gained widespread popularity and utility across various disciplines, particularly for tasks such as classification, clustering, pattern recognition, and prediction. As a type of machine learning model, ANNs have proven to be relatively competitive with traditional

regression and statistical models in terms of performance and applicability (Levent, 2023). ANNs consist of interconnected layers, with neurons in each layer connected to those in the subsequent layer. Typically, artificial neural networks are organized into three primary layers: the input layer, hidden layer(s), and output layer (Tektaş and Karataş, 2004).

Experimentally obtained kiwi fruits drying data were used as a training set to estimate the drying parameters of the fruit. The aim of this study is to develop mathematical models to achieve this goal. By creating models, time and energy spent in laboratory studies will be reduced and suitable conditions for the drying process can be determined. It is aimed to realize the mathematical model with two leading methods in the field of artificial intelligence. These two methods are designated as ANN and ANFIS. The results obtained with these methods were compared with experimental data and their performance was evaluated. To create the model, a comparison of the effects of different slice thicknesses of the kiwi product and the effects of time variables was also made.

$$m\% = [M_w / (M_w + M_d)] \times 100$$

where;

m: Moisture content of Kiwi at a specific time (g water g⁻¹ wet matter),

M_w: Wet weight of Kiwi (g),

M_d: Dry weight of Kiwi (g).

2.2. Modeling with ANFIS

ANFIS is a neural network based on Takagi-Sugeno inference logic, developed by Jang in 1993. In this study, the implementation of ANFIS, as in ANN, was carried out on the MATLAB (R2016b) platform. MATLAB provides a robust platform for simulation and testing, enabling easy modification of the model's variables and parameters. As a result, it provides a comprehensive graphical representation of parameters and performance

2. Materials and Methods

Before being used in experimental studies, kiwi samples were stored at 4 °C and then brought to room temperature. The initial mass of the kiwi slices (2, 4, and 6 mm) used in the experiments was 3.65 ± 0.5 g. The weight of the kiwi slices was measured using a digital scale with a precision of ± 0.001 g (Presica XB 620 M; Precisa Instruments AG, Dietikon, Switzerland). The initial moisture content of the kiwi, on a wet basis, was determined to be 82 %. To measure the moisture content, the kiwis were first dried in an oven (Beko brand, 2450 MHz frequency, 800 W power, 19-L capacity, turntable microwave oven) at 90 W, 105 °C for 24 hours, after which their dry mass was recorded. The drying process was continued until the moisture content, on a wet basis, decreased to approximately 24 %. The drying experiments were conducted using a microwave oven (Beko brand, operating at a frequency of 2450 MHz, with a maximum power of 800 W, and equipped with a rotary table).

2.1. Moisture content

Moisture content according to wet basis (Eq-1) was calculated with the following equation (Tınmaz Köse et al., 2019):

$$(1)$$

(Habashy and Lebda, 2022; Levent et al., 2023).

ANFIS is a neural network that works on the basis of an artificial neural network and contains fuzzy logic principles. ANFIS is a structure that combines the predictive power of fuzzy logic with the advantage of the learning capabilities of neural networks. It effectively transmits the input parameters required to produce output to the output. The working logic includes developing a learning rule that creates the behavior of the system through the created fuzzy rules (Putra and Mohamad, 2023).

An adaptive network is a multilayered feedforward system consisting of nodes

interconnected to create a single output and perform a specific function. These nodes are parametric and each produces an output. These node parameters are adjustable. Using a given set of parameters and input/output data, the ANFIS method optimizes the membership function parameters through a backpropagation algorithm or least squares method by modeling a fuzzy inference system (FIS) (Walia et al., 2015).

In this inference system, there is a linear combination of a constant term added to the outputs of the rules generated. The weight average of all rules produces the final output. Figure 1 schematizes the ANFIS structure used in this study. In this scheme, there are two inputs (time and slice thickness) and one output (m) (Sonmez et al., 2018; Ali et al., 2019).

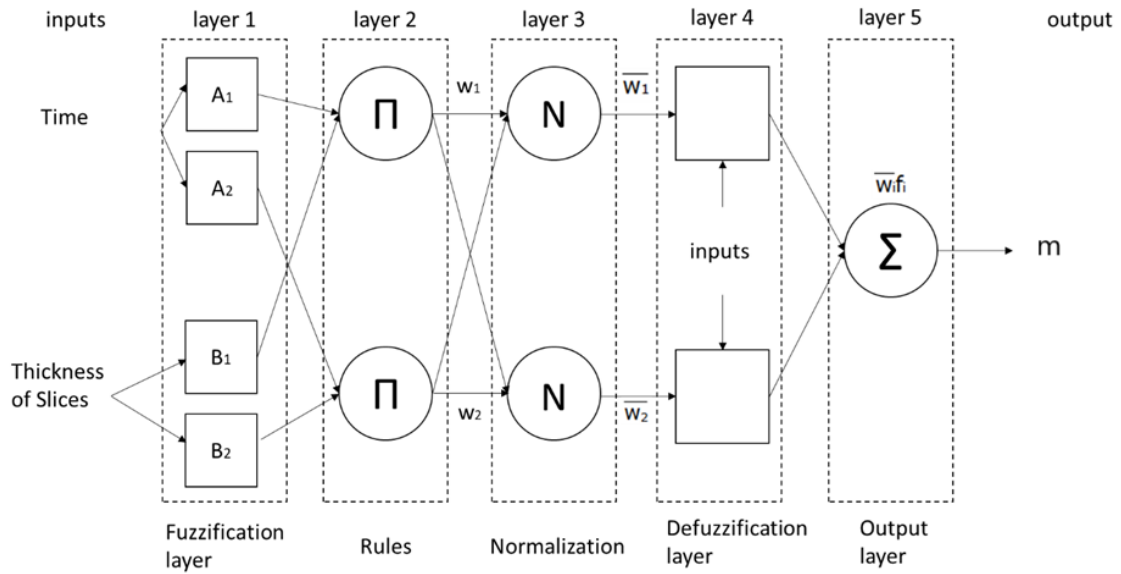


Figure 1. ANFIS model structure

Layer 1 (Fuzzification Layer): Fuzzification is performed in the first layer. Input membership functions are used for this process. Although a formula is not presented

$$O_{1i} = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2 \quad (2)$$

$$O_{1i} = \mu_{B_{i-2}}(x), i = 3, 4 \quad (3)$$

Here μ_{A_i} and $\mu_{B_{i-2}}$ are the degrees of membership functions for the fuzzy sets A_i and B_i . **Layer 2 (Rule Layer):** There are rules in this layer. To obtain the output of these rules,

$$O_{2i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \quad (4)$$

for selecting membership functions, methods based on experience or involving trial and error methods are generally used (Şencan and Şencan Şahin, 2022).

the multiplication of the membership degrees from the first layer must be obtained (Demirci 2020).

Layer 3 (Normalization Layer): Fixed nodes denoted by N are located in this layer. Every fixed node i. It is the ratio of the trigger weight of the rule to the sum of the trigger

$$O_{3i} = w_i = \frac{w_i}{\sum_i w_i} \quad (5)$$

Layer 4 (Defuzzification Layer): In this layer, sharp data is obtained from fuzzified data. The values produced by each node of this

$$O_{4i} = w_i f_i = w_i(p_i x + q_i y + r_i) \quad (6)$$

Layer 5 (Output Layer): It is a single node layer. The output values of the previous layer

$$O_{5i} = \sum_i w_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (7)$$

Depending on the behavior of the input values, various one-dimensional membership functions, such as triangular, trapezoidal, Gaussian, sigmoid, and bell-shaped functions, can be utilized. Triangular and trapezoidal membership functions are linear in form, making them simple to design and represent. In contrast, the design of more complex membership functions, such as Gaussian and sigmoid, requires a higher level of complexity (Oğuz Erenler, 2023).

weights of all rules. Outputs called normalized trigger weights are obtained (Kaynar et al., 2010).

layer contribute to the output node in the output layer. (Turan et al., 2022).

nodes are collected and the output value of the system is found (Demirci, 2020).

2.2.1. Triangular membership function (Trimf)

As seen in Figure 2, just as a triangle has three coordinates, the triangle membership function also has three parameters (Oğuz Erenler, 2023).

These parameters;

a = starting point,

c = end point,

b = peak point.

At points “a” and “c” the degree of membership is $\mu_A(X) = 0$, and at point “b” it is $\mu_B(X) = 1$

(Beşirik, 2016).

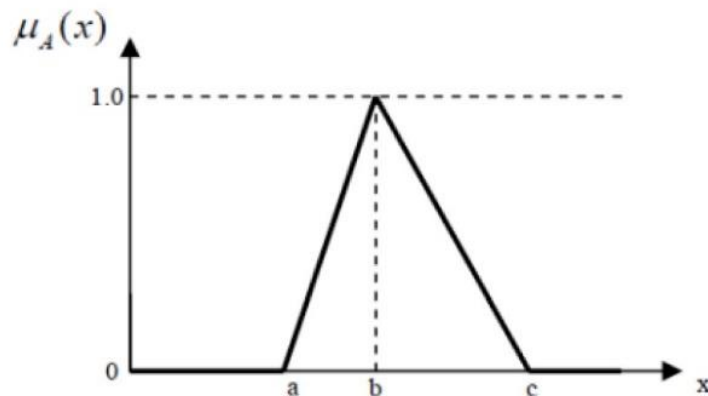


Figure 2. Triangular membership function (Beşirik, 2016)

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x - a}{b - a}, & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b}, & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{if } x > c \text{ or } x < a \end{cases} \quad (8)$$

2.2.2. Trapezoidal membership function (Trapmf)

In this membership function, it starts from 0 %, reaches 100 % and then decreases to 0 % again. In this function, there are four parameters (a, b, c, d) instead of three parameters as in the triangular membership function as seen in Figure 3 (Oğuz Erenler, 2023).

These parameters;
 a = starting point,
 b = start of peak,
 c = end of vertex,
 d = end point.

At points “a” and “d”, the degree of membership is $\mu_A(x) = 0$, and at points “b” and “c”, $\mu_B(x) = 1$ (Beşirik, 2016).

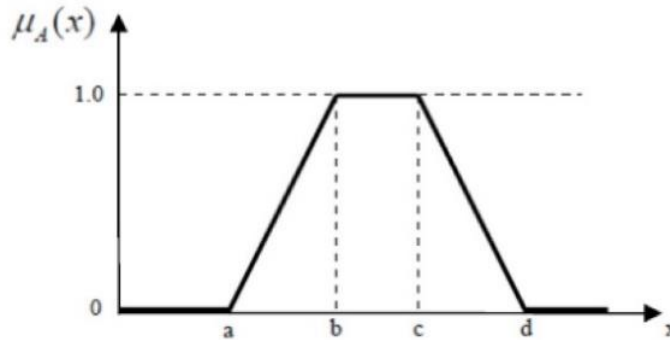


Figure 3. Trapezoidal membership function (Beşirik, 2016)

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x - a}{b - a}, & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}, & \text{if } c < x \leq d \\ 0, & \text{if } x > d \text{ or } x < a \end{cases} \quad (9)$$

2.2.3. Gaussian membership function (Gaussmf)

The Gaussian membership function uses two parameters expressing the distance from

the origin and the curve width. As seen in Figure 4, these parameters;
 c = center,
 σ = width (Karabulut, 2024).

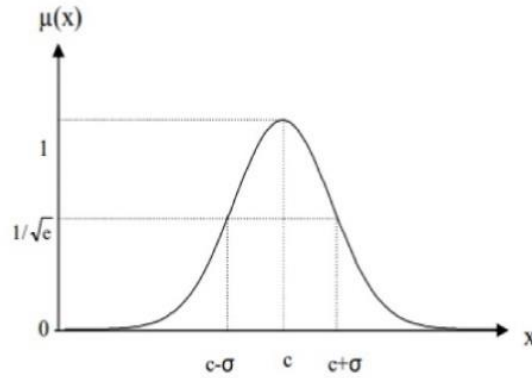


Figure 4. Gaussian membership function (Beşirik, 2016)

$$\mu(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad (10)$$

2.3. Modeling with ANN

The transfer function chosen for the ANN model used in this study was determined as tangent sigmoid (tansig). Implementation of the created network model was carried out on the MATLAB platform. Figure 5 schematizes the architecture of the produced model.

As shown in the model structure, a basic ANN consists of three layers, each performing distinct functions: the input layer, the hidden layer, and the output layer. The neurons within each layer are responsible for processing information, with the layers interacting to achieve the network's overall function. The

hidden layer receives and processes data from the input layer, and the processed data are subjected to activation functions, generating results in the output layer (Kaplan, 2019).

In order to determine an efficient ANN model to be used in this study, different network models were used in preliminary experiments by changing parameters such as different number of neurons and different transfer functions. As a result of these experiments, the model containing 25 neurons and using tangent sigmoid as the transfer function was determined to be an efficient model.

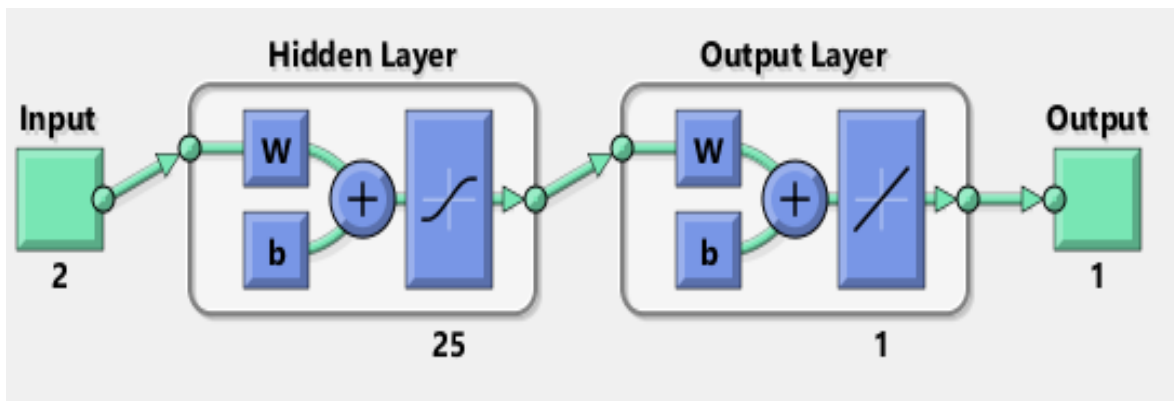


Figure 5. Illustration of the ANN model

In artificial neural networks (ANNs), weights and bias constitute the mathematical function that determines the output of a neuron. This structure is typically used in

$$z = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \tag{11}$$

where;

x_i : Inputs (the data fed into the neuron or outputs from the previous layer).

w_i : Weights (coefficients that determine the importance of each input).

b : Bias (a constant term that adjusts the weighted sum).

z : Weighted sum (the value before applying the activation function).

2.4. Statistical analysis

Once ANN is trained using a training algorithm to extract knowledge from the provided data, it can be employed to either predict unknown input variables or rank the input variables based on their influence on the output. To enhance the model's performance, various key parameters were tested through a trial-and-error method. The accuracy of the

conjunction with an activation function. The fundamental function describing the operation of a neuron is as follows:

model was ultimately evaluated by selecting the output with the smallest estimation error, measured using the coefficient of determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Mean Bias Error (MBE) (Eqs. 12-15) (Bakar et al., 2022; Buluş et al., 2023).

ANN creates a model that must be tested to confirm it meets the desired criteria. This validation process assesses how effectively ANN has modeled the system by comparing outputs from the training data with those from a separate, non-training data set. The discrepancy between these outputs is quantified by the RMSE, which indicates the model's performance. A lower RMSE value reflects a more accurate model (Solichin et al., 2021).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(o_i - t_i)^2}{n}} \tag{12}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{t_i - o_i}{t_i} \right| \tag{13}$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (o_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^N (t_i)^2} \right) \tag{14}$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (t_i - o_i) \tag{15}$$

In order to demonstrate the accuracy of the produced ANN model, experimental data and prediction data were analyzed using equations 12-15. In these equations, n symbolizes the number of data, t_i symbolizes the experimental data and o_i symbolizes the predicted values.

3. Results and Discussion

The development, training, and testing of the ANFIS and the ANN model were conducted using the MATLAB software package. MATLAB offers a robust simulation

and testing platform for this purpose, enabling easy manipulation of the model's variables and parameters. As a result, it provides a comprehensive graphical representation of parameters and performance (Habashy and Lebda, 2022).

ANFIS training involves the use of both the gradient descent method and the least squares method. The training algorithms provided in the MATLAB fuzzy inference toolbox streamline data processing by offering training

and forecasting functions. The main computational process of ANFIS consists of five stages. The first stage is data input, while the second stage involves assigning fuzzy sets (Sonmez et al., 2018). In this study, the established ANFIS model is set to use 4 membership functions to create rules.

While developing the ANN model, a model with a single hidden layer and 25 neurons in

the hidden layer was considered. In addition, the Levenberg - Marquardt training function, which is frequently mentioned in the literature, was used to train the network.

Figure 6 displays the training and test data used in the ANFIS model for m. In these graphs, the data represented by circles correspond to the training data, while the data indicated by dots represent the test data.

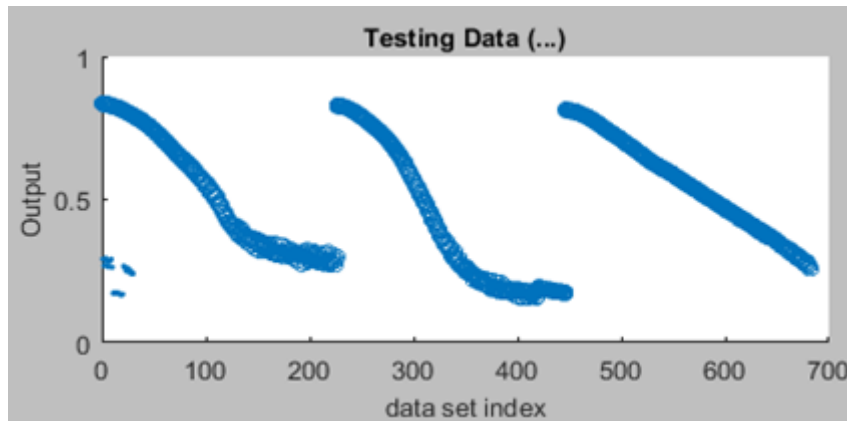


Figure 6. Training and test dataset for m

An ANFIS model with 2 inputs and 1 output was trained over 5000 iterations. Figure 6 displays the training and testing data, while Figure 7 illustrates the training error. The circles in Figure 6 symbolize the training data,

and the dots symbolize the test data. This allows for an assessment of the proximity between the experimental and predicted values.

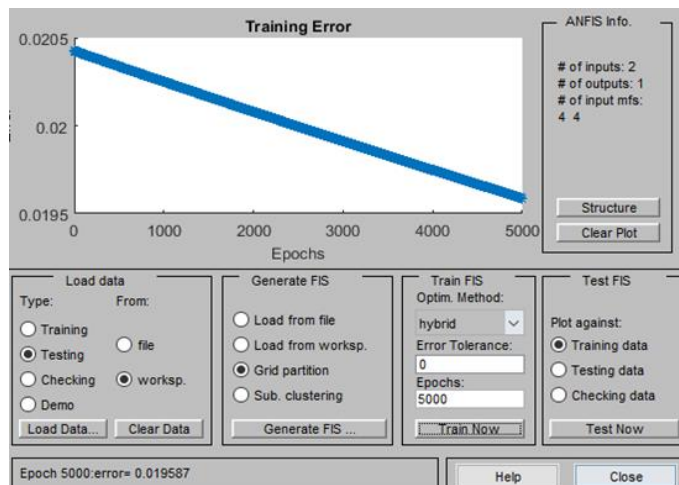


Figure 7. M prediction error rate for ANFIS in 5000 epochs

The number of rules to be created in an ANFIS system is found by the Eq. 16. Here NR: the number of rules, NI: the number of

inputs and NMF: the number of membership functions used in the input layer

$$NR = NMF^{NI} \tag{16}$$

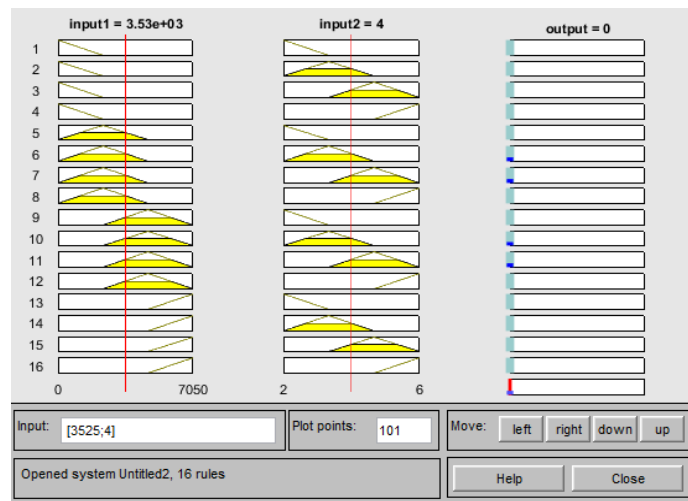


Figure 8. Rules created for model of m

Figure 8 shows part of the set of rules calculated according to equation 16. 16 rules of the developed models, intended for use in predictions, are displayed. In the model, the triangular membership function was used as the input membership function. The model was trained with 16. As seen in Figure 8, the error value produced by the network was fixed at 0.019587.

The training data comprised 95.8 % of the dataset (682 data), while 4.2 % (30 data) was

allocated for testing in the ANFIS model. The relationships between input and output variables, defined by 16 rules, are illustrated in Figure 8. The ANFIS model demonstrated a high correlation coefficient, for training and testing. The performance of these models was evaluated for both training and testing phases. Table 1 presents metrics including the RMSE, MAPE, MBE and R².

Table 1. Correlation values of training and test dataset in ANFIS model

ANFIS		
Training	RMSE	0.019587
	MAPE	3.693615
	R ²	0.998692
	MBE	0.000000
Test	RMSE	0.022469
	MAPE	9.522044
	R ²	0.991238
	MBE	-0.019312
All	RMSE	0.019717
	MAPE	3.939195
	R ²	0.998629
	MBE	-0.000813704

Multiple adjustments were made with different parameters to optimize the ANFIS model for predicting moisture content (m). The R², MAPE, MBE and RMSE values have been calculated for these four outputs. The goal is to

achieve an R² value as close to 1 as possible, along with RMSE and MAPE values approaching zero. For R², the values ranging from 0.991238 to 0.998692 for the ANFIS model indicates a very high degree of

correlation. A MAPE value of less than 0.10 denotes highly accurate predictions, between 0.10 and 0.20 reflects good predictions, between 0.20 and 0.50 suggests reasonable predictions, and a MAPE value greater than 0.50 indicates low accuracy (Kacar and Korkmaz, 2022; Buluş, 2024). As shown in Table 1, the MAPE values reflect both good and reasonable levels of prediction. Additionally, the RMSE values, which range between 0.019587 and 0.022469, being close to zero, further validate the accuracy of the models. Additionally, in an ideal situation, MBE should be close to zero. This indicates that there is no systematic bias in the model's predictions, and that the predictions are generally linear. If the MBE value is positive, the model is overestimating; if it is negative, the model is underpredicting.

Another method that models the drying parameters of kiwi product was chosen as ANN in the study. The architecture of the ANN model is set to have 2 inputs, one output, 1 hidden layer and 25 neurons in the hidden layer. In this model, Levenberg-Marquardt was chosen as the training function used to perform the training process with experimentally obtained data.

Of the 712 experimentally obtained data – the same data sets as the ANFIS model – 95.8 % was reserved for training and the remaining 4.2 % was reserved for testing the trained network. The 95.8 % portion was used in the training phase, with 70 % for training, 15 % for validation and 15 % for testing.

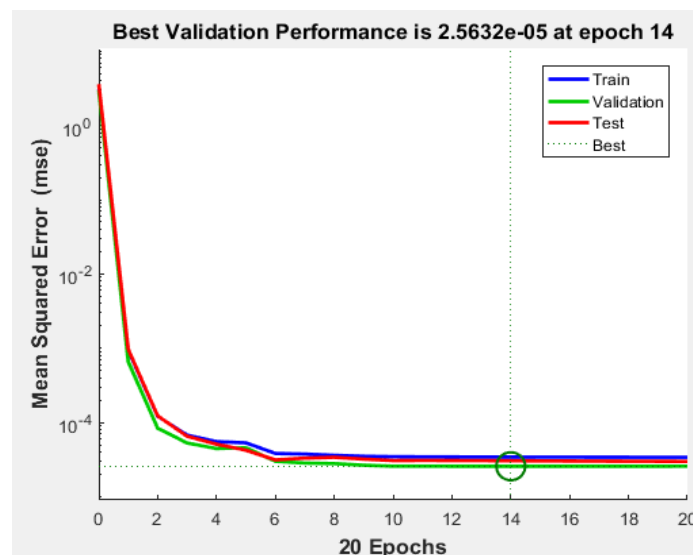


Figure 9. Validation performance of ANN

Although ANN training was set to 1000 epochs, the specified error threshold value was reached in the 20th epoch. When the validation

performance is examined in Figure 9, it is seen that the best performance value is obtained in the 14th epoch as 2.5632×10^{-5} .

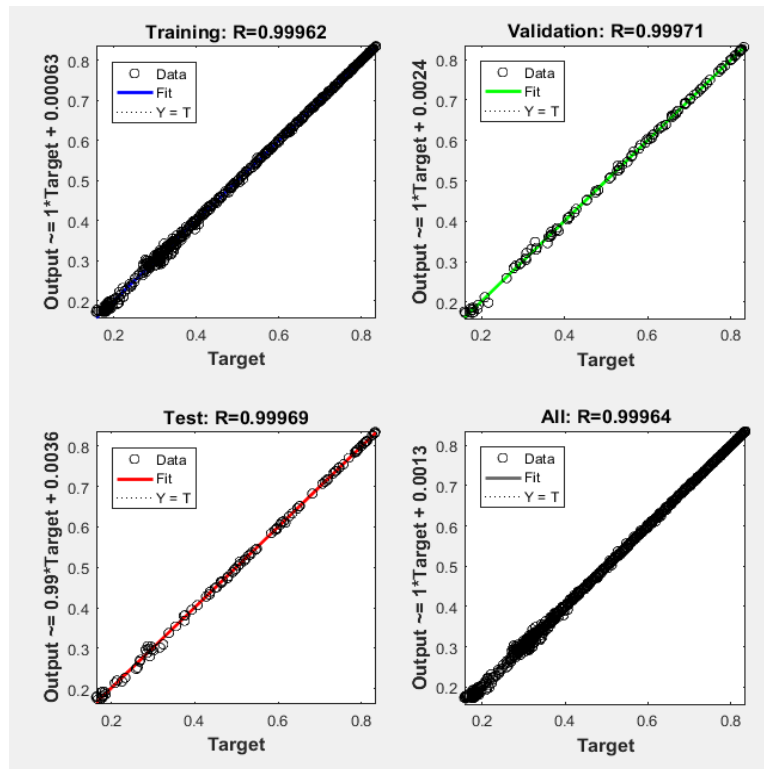


Figure 10. Regression graphs of the network

When the training regression graphs of the network (as seen Figure 10) were examined, it was seen that the results obtained from the graphs covering training, validation and testing were between 0.99962 - 0.99971. The fact that these values are very close to 1 indicates that

the training of the network was successful. When the 4.2 % value that was not used in training the network and was allocated for testing was given to the network for predictions, the results in Table 2 were obtained.

Table 2. Correlation values of training and test dataset in ANN model

ANN		
Training	RMSE	0.005684
	MAPE	1.147826
	R ²	0.999890
	MBE	-0.000212
Test	RMSE	0.009842
	MAPE	3.591697
	R ²	0.998319
	MBE	0.001202
All	RMSE	0.005918
	MAPE	1.250798
	R ²	0.999876
	MBE	-0.00015285

Considering the values in Table 2, it can be seen that the ANN model performs the prediction process successfully.

4. Conclusions

In this study, we predicted moisture content (m) within a 90 W microwave system for kiwi

using an ANFIS and an ANN model. The ANFIS model, which consists of 16 rules, provided accurate results using 712 data inputs, with 95.8 % (682 data points) allocated for training and 4.2 % (30 data points) for testing. The statistical results for RMSE, MAPE, R², and MBE were 0.022469,

9.522044, 0.991238, and -0.019312, respectively, indicating the accuracy of the test. Similarly, when the ANN model was examined, it was seen that these values were 0.009842, 3.591697, 0.998319 and 0.001202, respectively. When the values of the two models were compared with each other, it was determined that the ANN model gave slightly better results, while the ANFIS model also achieved successful results. The primary goal of these predictive models is to reduce the number of tests required in future drying processes. Additionally, it will facilitate the prediction of various other parameters within the drying system.

In this manuscript, the drying process of kiwi fruit was modeled using two widely used artificial intelligence techniques. The modeling process demonstrated a high degree of accuracy. Based on this information, the drying processes of different products can also be modeled in a similar manner, thereby reducing experimental costs. Furthermore, similar studies can be conducted using different artificial intelligence methods.

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

- Acar, B., Dağdeviren A., Özkaymak M., Guinaleh, A.R., 2023. Freeze drying process of kiwi slices with various thicknesses and investigation drying characteristic of process, *Journal of Polytechnic*, 26(1): 415-423.
- Akal, D., Çelen, S., Kahveci, K., Akyol, U., 2014. An Experimental study on microwave drying behavior of kiwi, *Materials, Methods and Technologies*, 8: 449-456.
- Ali, N.S., Mohd-Yusof, K., Othman, M.F., Latip, R.A., Ismail, M.S.N., 2019. Adaptive neuro fuzzy Inference system (ANFIS) modelling for quality estimation in palm oil refining process, *Journal of Mechanical Engineering*, 8(1): 36-47.
- Bakar, M.A.A., Ghani, A.T.A., Abdullah, M.L., Ismail, N., Aziz, A.S., 2022. Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) formulation to predict students' neuroscience mechanistic: a concept of an intelligent model to enhance mathematics learning ability, *TEM Journal*, 11(4): 1942-1951.
- Beşirik, B.A., 2016. A case study on predicting trading decisions in the cryptocurrency market using fuzzy logic and fuzzy artificial neural networks (ANFIS) techniques, Master Thesis, Dokuz Eylül University, Institute of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Bulus, H.N., 2024. Adaptive neuro-fuzzy inference system and artificial neural network models for predicting time-dependent moisture levels in hazelnut shells (*Corylus avellana L.*) and prina (*Olea europaeae L.*), *Processes*, 12: 1703.
- Çelen S., Arda S.O., Karataşer M.A., 2018. Modeling of drying behavior using microwave conveyor dryer assisted solar energy, *El-Cezerî*. 5: 267-271.
- Darıcı, S., Şen, S., 2012. Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi, *Tesisat Mühendisliği*, 130, 51-58.
- Darvishi, H., Mohammadi, P., Azadbakht, M., Farhudi, Z., 2018. Effect of different drying conditions on the mass transfer characteristics of kiwi slices, *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20: 249-264.
- Demirci, E., 2020. Anfis and natural gas request estimated; the case of Turkey. *International Journal of Social Sciences Academy*, (3): 495-511.

- Habashy, D.M., Lebda, H.I., 2022. Comparison between artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system for the baryon-to-meson ratios in proton-proton collisions, arXiv:2209.12709.
- Kacar, İ., Korkmaz, C., 2022. Prediction of agricultural drying using multi-layer perceptron network, long short-term memory network and regression methods, *Gümüşhane University Journal of Science and Technology*, 12(4): 1188-1206.
- Kaplan, R., 2019. Artificial neural networks method and a research on forecasting economics indicators, Master's Thesis, Dokuz Eylül University, Institute of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Karabulut, M., 2024. An application in Red Crescent businesses for predicting breakage risks in supply chains using artificial intelligence methods, PhD Thesis, İnönü University, Institute of Natural and Applied Sciences, Malatya.
- Kaya, A., Aydın, O., Dincer, I., 2008. Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa Planch*), *Journal of Food Engineering*, 88: 323–330.
- Kaynar, O., Zontul, M., Demirkoparan, F., 2010. Crude oil price forecasting by using ANFIS. *Journal of Anadolu Bil Vocational School of Higher Education*, 17: 3–14.
- Khazaei, N.B., Tavakoli T., Ghassemian H., Khoshtaghaza M.H., Banakar A., 2013. Applied machine vision and artificial neural network for modeling and controlling of the grape drying process. *Computers and Electronics in Agriculture*. 98: 205–213.
- Mousavifard, S.M., Attar, M.M., Ghanbari, A., Dadgar, M., 2015. Application of artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system to investigate corrosion rate of zirconium-based nano-ceramic layer on galvanized steel in 3.5% NaCl solution. *Journal of Alloys and Compounds*, 639: 315-324.
- Levent, M., 2023. Modeling of drying processes with fuzzy logic and artificial neural network methods, MSc. Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ Namik Kemal University, Tekirdağ.
- Levent, M., Buluş, H.N., Moralar, A., Çelen, S., 2023. Fındık kabuğu kurutma parametre tahmininde yapay sinir ağı modellerinin karşılaştırılması, *Bilgisayar ve Elektronik Bilimlerinde Güncel Gelişmeler 2*, Iksad Publishing House, Ankara, 24-46.
- Oğuz Erenler, G., 2023. Prediction of wind power with fuzzy logic and artificial neural networks, MSc Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, Tekirdağ Namik Kemal University, Tekirdağ.
- Putra, V.G.V., Mohanad, J.N., 2023. Adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) and artificial neural networks (ANNs) for optimizing electrospun PVA/TiO₂ fiber diameter, *The Journal of The Textile Institute*, 114(12): 1898-1908.
- Solichin, A., Saputri, F.H., 2021. An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) method for recommending employee mutations in a manufacturing company, *Journal of Physics: Conference Series*. 1908 012016.
- Şencan, D., Şencan Şahin, A., 2022. Forecasting GDP in Türkiye using Anfis method. *Kafkas University Journal of Economics and Administrative Sciences Faculty*, 13(26): 953–71.
- Şevik, S., Aktaş, M., Özdemir, M.B., Doğan, H., 2014. Modeling of drying behaviors of mushroom in a solar assisted heat pump dryer by using artificial neural network. *Journal of Agricultural Sciences*. 20: 187-202.
- Sonmez, A.Y., Kale, S., Ozdemir, R.C., Kadak, A.E., 2018. An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) to predict of cadmium (cd) concentrations in the Filyos River, Turkey, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18:1333-1343.

- Taşova, M., Erdoğan, M., Başakın, E.E., 2020. Determination of drying machine potential by different estimation methods, *Yuzuncu Yil University Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences*, 25(2): 49-55.
- Tektaş, A., Karataş, A., 2004. Yapay sinir ağları ve finans alanına uygulaması: Hisse senedi fiyat tahminlemesi, *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 18(3-4): 337-349.
- Tınmaz Köse, E., Çelen, S., Çelik, S.Ö., 2019. Conventional and microwave drying of hydrocarbon cutting sludge, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(4): 1-7.
- Turan, T., Turan, G., Köse, U., 2022. Prediction of the Covid-19 number of death in Turkey by adaptive neuro-fuzzy inference system and artificial neural networks. *Journal of Information Technologies*, 15(2): 97-105.
- Walia, N., Singh, H., Sharma, A., 2015. ANFIS: Adaptive neuro-fuzzy inference system- a survey, *International Journal of Computer Applications*, 123(13): 32-38.

To Cite

Bulus, H.N., Celen, S., 2025. Prediction of Moisture Content in Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Dried Using Machine Learning Approaches. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 74-88.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14564833>.



Hatay İli Reyhanlı İlçesi Zeytin Ağaçlarının Yaprak ve Toprak Örnekleri ile Beslenme Durumunun Belirlenmesi

Ahmet PİLATIN¹, Kerim Mesut ÇİMRİN^{1*}

¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): mcimrin@hotmail.com

Özet

Çalışma, Hatay ili Reyhanlı ilçesini kapsayacak şekilde belirlenen zeytin bahçelerinin bitki besin elementlerinin durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaç için 15 farklı zeytin bahçesinden 0-30 ve 30-60 cm olmak üzere iki farklı derinlikten 30 adet toprak ve 15 adet yaprak örneği alındı. Toprak ve yaprak örneklerinde bazı makro-mikro besin element analizleri ile topraklarda ek olarak bünye, kireç, pH, tuz, KDK, organik madde analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, araştırma alanı topraklarının; tamamı killi tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, genelde organik maddece fakir, tuzsuz, kireçli ve çok kireçli sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. Çalışmada, toprakta bulunan K, Mg, Fe ve Cu içerikleri ile ve yaprakta bulunan K, Mg, Fe ve Cu içerikleri uyumlu olarak belirlenmiştir. Fakat, toprak örneklerde yapılan analizlerde N (%26.67) ve P (%6.67) noksan olarak bulunmasına rağmen, yaprak örneklerinin tümünün N ve P içeriklerinin yeterli bulunmuştur. Ayrıca, toprakların Zn ve Mn içeriklerinin büyük bir kısmının yeter sınıır altında olmalarına rağmen, yaprak örneklerinde Zn içeriği tüm örneklerde, Mn içeriklerinin ise büyük çoğunluğunun (%93.33) yeterli olarak bulunmuştur. Araştırma alanından elde edilen verilere göre, Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinde bazı bitki besin elementlerinin toprak ve bitki analizleri neticesinde belirlenen ve yukarıda belirtilen dengesizlikler, bitkilerin beslenmelerinde bazı sorunların olduğunu, bölgede olan zeytin bahçelerinde analize dayanmayan gübreleme yapıldığı belirlenmiştir. Bu sebep ile zeytin bahçelerinde beslenme sorunları net olarak belirlendikten sonra, yaprak ve toprak analizlerinin ve bu analizlere dayalı gübreleme programları oluşturmanın ne kadar önemli olduğu hakkında çiftçiler bilinçlendirilmelidir.

Determination of Nutrition Status of Leaf and Soil Samples of Olive Trees in Reyhanlı District of Hatay

Abstract

The study was carried out to determine the nutritional status of olive orchards selected to represent Reyhanlı district of Hatay province. For this purpose, 30 soil and 15 leaf samples were taken from 15 different olive gardens from two different depths: 0-30 and 30-60 cm. Some macro-micro nutrient element analyzes were performed on soil and leaf samples, and additional texture, lime, pH, salt, KDK and organic matter analyzes were performed on soils. According to the findings, the soils of the research area; It has been determined that it has a clay loam texture, slightly alkaline reaction, is generally poor in organic matter, in the salt-free, calcareous, and very calcareous class. In the study, K, Mg, Fe and Cu contents were determined to be compatible with soil and leaf contents. However, although 26.67% of the N content and 6.67 % of the P content of the soil samples were found to be deficient, the N and P contents of all leaf samples were found to be sufficient. In addition, although most of the Zn and Mn contents of the soil were below the sufficient limit, it was determined that all the leaf Zn contents, and most of the Mn contents (93.33 %) were sufficient. As a result, the findings obtained reveal that the imbalance of some plant nutrients determined in the soil and plant analysis in the olive groves of Reyhanlı district of Hatay province has some problems in the nutrition of the plants, and the existence of plant nutrition programs that are not based on soil and plant analysis in the olive orchards in the region. For this reason, after the problem is clearly identified by increasing olive nutrition studies, in addition to the necessity of appropriate fertilizer studies and determination of doses, producers need to give due importance to soil, and leaf analyzes and raise awareness about nutrition based on scientific foundations.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :28.08.2024
Kabul Tarihi :30.09.2024

Anahtar Kelimeler

Hatay
zeytin
bitki besleme
toprak analizleri
bitki analizleri

Research Article

Article History

Received :28.08.2024
Accepted :30.09.2024

Keywords

Hatay
olive
plant nutrition
soil analysis
leaf analysis

1. Giriş

Zeytin (*Olea europaea* L.) dünya ve ülkemizde geniş üretim alanına sahip bir kültür bitkisidir (Doğan, 2007). Zeytin, ekolojik açıdan dünyanın belirli bölgelerinde yaşam alanı bulmuştur. Genel olarak, Güney ve Kuzey yarım kürenin 30°- 45° enlemleri arası, zeytinin üretim kuşağı olarak kabul edilmekte olup, yüzyıllardır önemini yitirmemiş olan zeytin, Mardin, Hatay, Suriye, Filistin ve Kıbrıs adasını içeren alan bitkinin anavatanı olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2018). Zeytin ağaçlarının kuraklığa dayanıklı ve uzun ömürlü olması, meyvesinin besin değerinin yüksek olması, sofralık ve yağlık olarak değerlendirilebilmesi zeytinin yetiştiriciliğinin gelişmesinde, tanınmasında ve tüketiminin artmasında önemli rol oynamıştır. Zeytin için en uygun iklim, Akdeniz ılıman iklimidir. Kışları ılık ve yağışlı, yazları kuru ve sıcak geçen, yıllık 400-800 mm yağış alan yerler zeytin yetiştiriciliği için uygundur. Toprak konusunda pek seçici olmayıp, daha ziyade kalkerli-kumlu, derin ve besin maddelerince zengin toprakları sever (Pirgün, 2007). Zeytin üretiminin neredeyse tamamı Akdeniz iklimine sahip olan ülkelerde yapılmaktadır (Anonim, 2006). Zeytin bitkisi, Akdeniz Bölgesini temsil eden en önemli kültürel öğelerden biri olarak kabul edilmektedir (Loumou ve Giourga, 2003).

Zeytin, ülkemizde Marmara, Akdeniz ve Ege kıyı kesimleri başta olmak üzere, Mardin'in güney kesimlerine kadar olan bölgelerde yetiştirilebilmektedir. Ayrıca Karadeniz bölgesinde alçak kıyı kesimlerinde ve uygun şartların olduğu iç bölgelerimizde sınırlı da olsa yetiştirilebilmektedir (Koca, 2004).

Dünya'da 10.338.179 hektarlık alanda zeytin üretimi yapılmakta olup, bu alanda 23.054.310 ton zeytin üretilmektedir (FAO, 2021). Dünyada yaklaşık olarak 3.3 milyon ton zeytinyağı üretilmekte olup, zeytinyağı üretiminin en fazla yapıldığı ülkeler sırasıyla; İspanya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye'dir (FAO, 2021). Ülkemizde zeytin üretiminde 167.544.963 adet meyve veren ağaç olmak üzere toplam 201.769.694 adet ağaç, 490.000

ton sofralık, 1.030.000 ton yağlık olmak üzere toplam 1.520.000 ton zeytin üretimi yapılmaktadır (Tüik, 2023). Ülkemiz zeytin üretim verileri incelendiğinde sofralık ve yağlık zeytin üretimi olarak farklı veriler elde edilmiş olup, toplam üretimde en başta 219.622 ton ile İzmir ili gelmektedir. İzmir'den sonra sırasıyla 199.387 ton ile Manisa, 178.933 ton ile Hatay, 174.398 ton ile Muğla, 173.037 ton ile Aydın, 98.198 ton ile Balıkesir, 95.451 ton ile Mersin gelmektedir. Hatay ili toplam zeytin üretiminde ülkemizde 3. sırada yer almaktadır (Tüik, 2023).

Hatay ili 566.389 da'lık alanda toplam 178.933 ton zeytin üretimine sahiptir. Çalışma alanı olan Hatay'ın Reyhanlı ilçesi 17.466 da alanda zeytin üretimi yapılmakta olup, toplamda 6.952 ton zeytin elde edilmektedir (Tüik, 2023).

Yeryüzünde tüm bitki besin elementlerini içeren bir toprak parçası bulunmadığından, bitkilerin ihtiyacı olan besin elementlerinin gübreleme yaparak düzenli olarak verilmesi, başarılı üretimin en önemli unsurudur (Keleş-Uzel ve Çimrin, 2020). Konu ile ilişkili olarak, Hatay'ın Hassa ilçesi zeytin bahçelerinin beslenme durumlarını belirleyen Özsayar ve Çimrin (2022), çalışmada, toprakların %70'inin N, %26.6'sının P, %43.3'ünün K, %66.7' sinin Ca, %36.7'sinin Mg, %13.3'ünün Zn ve tümünün B içeriklerinin yetersiz iken zeytin yaprak örneklerinin ise %13.3'ünde P, %40.0'ında K, %73.3'ünde Ca, %93.3' ünde Mg, %53.3'ünde Cu, %26.7'sinde Mn, %13.3'ü ise Zn içeriği yönünden noksan olduğu belirlenmiştir. Yine Hatay'ın Altınözü ilçesi zeytin bahçelerinde çalışan Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), toprakların besin elementleri bakımından bir örnek hariç tümünün N, tamamının Zn ve B, %6.6'sının P, %13.3'ünün K, %10'unun Fe bakımından yetersiz olduğunu, zeytin yaprak örneklerinin ise %20'sinde N, %6.6'sında P, %36.6'sında K, %53.3'ünde Ca, %73.3'ünde Mg, %46.6'sında hem Mn, Zn ve B içerikleri yönünden noksan olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada, toprak ve yaprak analizleri birlikte değerlendirildiğinde bazı bitki besin elementlerinin toprakta (Ca, Mg) yeterli veya

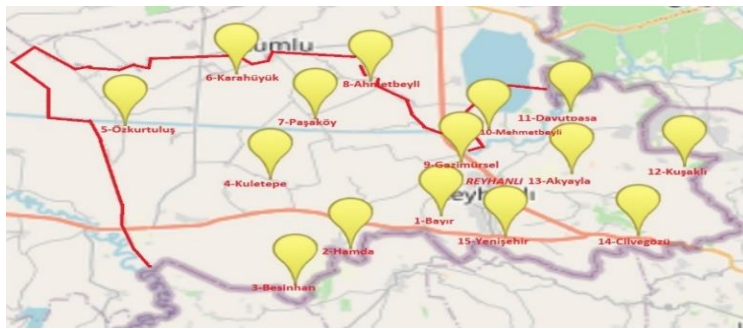
fazla iken bitkide noksan, bazılarında ise toprakta (Zn, B) noksan olmasına rağmen bitkide yeterli bulunmuşlardır. Bergmann (1992), Toprakta bitki besin elementlerinin yeterli olsa da zamanla azalacağını ve dışarıdan ilave edilmesinin gerekli olduğunu ayrıca, topraktaki yüksek kireç ve pH veya düşük organik maddenin mikro besinlerin alımını engelleyebileceğini bildirmiştir.

Sonuç olarak, Tarım ve Orman Bakanlığı ÇKS verilerine göre Hatay'ın Reyhanlı ilçesinde yürütülen bu çalışmada yöre ekonomisinde önemli olan zeytin bahçelerinden alınan toprak ve yaprak örneklerinin analiz sonuçlarıyla mevcut beslenme durumları belirlenerek, doğru gübreleme yapılmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma bölgesi olan Reyhanlı Türkiye'nin güneyinde, Hatay iline bağlı bir ilçe merkezidir. İlçe doğu ve güneyinde Suriye, kuzeyinde Kırıkhan ve Kumlu; batısında Antakya güneybatısında Altınözü ile komşudur. Yüzölçümü 355 km²'dir. Denizden yükseklik 138 metredir. Yörede Akdeniz iklimi hâkimdir, Doğal bitki örtüsü makilerden oluşmasına rağmen toprakların tarıma elverişli olmasından dolayı tarıma dayalı bitki örtüsü

görülür (Anonim, 2023). Araştırma da Hatay ili Reyhanlı ilçesinde zeytin yetiştiriciliği yapılan 10-15 yaşlı Gemlik çeşidi olarak tesis edilen 15 bahçeden 06.12.2022 tarihinde (Zeytin var yılı) 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden bahçeleri temsil etmesi için her bir bahçenin beş farklı alanından ve bahçenin tümünü temsil edecek şekilde alınmıştır. Örnekleme yapıldığı bahçelerin yer isim ve koordinat ve haritada gösterimi Şekil 1 ve Tablo 1'de verilmiştir. Toprak örneklerinde, tekstür Bouyoucos hidrometre metodu (Bouyoucos, 1951), toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak-su süspansiyonunda pH metre ile (McLean, 1982), organik madde Walkley-Black metoduna göre (Ülgen ve Ateşalp, 1972), kireç Scheibler kalsimetresinde (Hızalan ve Ünal, 1966), toplam tuz Richards (1954)'e göre, KDK Chapman ve Pratt (1961), değişebilir potasyum (K) kalsiyum ve magnezyum (Ca ve Mg) amonyum asetat ekstraksiyonu ile (Part, 1965), alınabilir demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) DTPA ile (Lindsay ve Norvel, 1978), bor (B) azomethin-H yöntemi kullanılarak Spectrofotometre cihazında belirlenmiştir (Tüzüner, 1990). Topraklarda toplam azot Kjeldahl yöntemine (Bremner, 1965), yarıyıllı fosfor (P) 0.5 N sodyum bikarbonat ekstraksiyonu ile mavi renk yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954) belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi zeytin bahçelerinin konum haritası

Figure 1. Location map of olive orchards in the study area

Aynı bahçelerden yaprak örnekleri bitkinin kış dinlenme dönemine denk gelen aralık ayında (06.12.2022) her bir bahçeyi temsil edecek şekilde 12 ağaç belirlenerek, bu ağaçların her birinden yaklaşık 40 tane yaprak, yeni sürgünlerden gelişimini en yeni tamamlamış olanlardan ve ağacın dört

tarafından olmak üzere toplanmıştır (Eryüce, 1979). Ağaçlardan alınan yapraklar vakit kaybetmeden laboratuvara getirilmiş ve normal musluk suyu ve saf suda yıkanıp kurutma için kullanılan dolapta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurumaya bırakılmıştır

Tablo 1. Toprak ve yaprak örneklerinin alındığı yerler ile derece cinsinden enlem ve boylam koordinatları**Table 1.** Locations where soil and leaf samples were taken and latitude and longitude coordinates in degrees

Örnek No	Köyler	Enlem-Boylam(N-E) Koordinatları
1	Bayır	36.253601-36.543337
2	Hamda	36.232335-36.494493
3	Besinhan	36.208821-36.464575
4	Kuletepe	36.277406-36.451369
5	Özkurtuluş	36.312254-36.372962
6	Karahüyük	36.345513-36.432853
7	Paşaköy	36.316255-36.475436
8	Ahmetbeyli	36.340988-36.505177
9	Gazimürsel	36.288124-36.553994
10	Mehmetbeyli	36.309570-36.569031
11	Davutpaşa	36.321306-36.613056
12	Kuşaklı	36.285786-36.674448
13	Akyayla	36.281025-36.613678
14	Cilvegözü	36.240874-36.649459
15	Yenişehir	36.239912-36.577943

Bitki örneklerindeki toplam N Kjeldahl yöntemi (Kacar, 1984) ile belirlenmiştir. Kurutularak agat dişli değirmende öğütülen bitki örnekleri yaş yakma (nitrik+perklorik asit karışımı) yöntemi ile yakılarak, yaprak örneklerindeki P Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre (Kacar, 1984), K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn ve B Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Araştırma alanı toprak ve bitki analizleri sonucunda elde edilen veriler aralarındaki ilişkiler ve bu ilişkilere ait (korelasyon) istatistik analizler. IBM SPSS 22.0 (Statistical Package for Social Sciences) istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Zeytin bahçelerine ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Hatay ili Reyhanlı ilçesinde bulunan zeytin bahçeleri içinden belirlenen 15 ayrı bahçe ve toprağın iki ayrı derinliğinden olmak üzere (0-30 ve 30-60 cm) alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2, referans değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinden farklı iki derinlik birlikte değerlendirildiğinde, kum, silt, kil oranları sırası ile en düşük %22.20, %32.50 ve %22.70, en yüksek ise %43.70, %43.10 ve %36.50 olarak belirlenmiştir. İki derinlikten alınan toprakların ortalama kum, silt, kil oranları ise,

%29.42, %39.17, %31.4 olarak belirlenmiştir. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçesinde bulunan topraklarının tamamı killi tın bünye sınıfında yer almıştır (Tablo 2). Zeytin bitkisinin toprak için fazla seçici özellik göstermediğinin bilinmesine ek olarak, yörede çok eski dönemlerden beri zeytin yetiştiriciliğinin yapılması ile de çalışma alanı topraklarının zeytin yetiştirmeye uygun olduğu söylenebilir.

Çalışılan toprakların ortalama pH’sı 7.91 olarak belirlenmiştir. Topraklar derinliklerine göre incelendiğinde ise 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin ortalama pH’sı 7.90 iken, 30-60 cm derinliğinden alınan toprakların ise 7.92 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Alınan toprak örneklerinin pH’ları U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)’in verdiği sınır değerlere göre sınıflandırıldığında örneklenen toprakların tümünün hafif alkalin karakterde olduğu görülmektedir (Tablo 3). Geniş bir toprak reaksiyonu aralığında zeytin ağaçları yetiştirilebilmektedir (Llamas, 1984).

Bahçe topraklarının sahip olduğu organik madde miktarları %0.25 ile %4.19 arasında değişmektedir. Toprak örneklerinin ortalama organik madde içeriği %1.14 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Sadece 2. noktadaki toprakların organik madde miktarının yüksek olması dikkat çekmiş ve bahçeye tekrar gidilmiş olup, çiftçiyle yapılan görüşmede bahçeye yanmış hayvan gübresinin aralıklarla

eklendiği çiftçi tarafından ifade edilmiştir. Zeytin bahçelerinden alınan topraklar, Nelson ve Sommers, (1996) tarafından belirlenen sınır değer aralıklarına göre sınıflandırıldığında, toprakların %60'ının organik madde içerikleri bakımından çok az (<%1), %26.7'sinin az (%1-2) ve %10.0'unun orta (%2-3), %3.3'ünün ise iyi (3-4) düzeyde, yani aslında %86.7'sinin dört bölgeden alınan örnekler hariç neredeyse bütün toprakların organik madde miktarları yönünden yetersiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Hatay ili Hassa ilçesi Özsayar ve Çimrin (2022) ve Hatay ili Altınözü ilçesi Gökçeoğlu ve Çimrin (2022)'nin zeytinliklerinde yürütülen çalışmaların her ikisinde de benzer olarak toprakların organik maddece yetersiz olduğunu bildirilmiştir. Genelde Hatay ili kış mevsiminde yağış alırken, yaz mevsiminde çok fazla yağış almaması ve sıcaklıkların yüksek seyretmesi yanında toprakların çok uzun sürelerdir işlenmesine rağmen yeterli organik madde uygulamamasının sonucu olarak bu toprakların organik madde bakımından yetersiz olması beklenen sonuçtur.

Bahçe topraklarının kireç içerikleri en düşük %3.91 iken, en yüksek %48.09 arasında olup, bütün toprakların içerdikleri kireç ortalaması %21.14 oranında bulunmuştur (Tablo 2.). Toprak örnekleri Loeppert ve Suarez (1996)'ın belirlediği değer aralıklarına göre gruplandırıldığında toprakların sahip oldukları kireç miktarları, kireçli ile çok fazla kireçli aralığında değişmektedir.

Toprakların %6.7'si kireçli (%1-5), %26.7'si orta kireçli (%5-15), %33.3'ü fazla kireçli (%15-25) ve %33.3'ü ise çok fazla kireçli (%> 25) olarak görülmüştür (Tablo 3). Gökçeoğlu ve Çimrin (2022)'de bildirildiği gibi, Çolakoğlu (1985)'un Hatay ilinin ikliminin yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık ve yağışlı olması nedeniyle bölgenin ortalama kireç oranlarının uygun olduğunu bildirmektedir. Ayrıca bölge topraklarının büyük bir bölümünün ana kayasının kireç kayası olması da kireç oranlarının fazla olmasının bir diğer sebebidir.

Çalışma topraklarının sahip olduğu tuz içerikleri %0.01 ile %0.07 arasında

değişmektedir. Toprak örneklerinin ortalama tuz içeriği %0.04 oranında belirlenmiştir (Tablo 2). Çalışma topraklarından alınan örneklerin tuz içerikleri U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)'ın bildirdiği değer aralıklarına göre değerlendirildiğinde tüm toprak örneklerinin tuzsuz (<%15) sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Yalçın ve ark. (2018) Hatay ili Kırıkhan ve Reyhanlı bölgesinde yaptıkları çalışmada iki örnek hariç tüm toprak örneklerinin tuzsuz sınıfında yer aldığını bildirmişlerdir.

Zeytin bahçe topraklarının katyon değişim kapasiteleri, 30.60 me/100 g ile 38.60 me/100 g arasında değiştiği, ortalama katyon değişim kapasiteleri 0-30 cm derinlikte 34.91 me/100 g, 30-60 cm derinlikte ise 34.81 me/100 g olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Yalçın (2021), Reyhanlı ve Kumlu topraklarının KDK içeriğini en düşük 16.89 me/100 g ve en yüksek 42.10 me/100 g olarak belirlemiştir.

3.2. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin ağaçlarına ait yaprakların azot (N), fosfor(P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) içerikleri

Hatay ili Reyhanlı ilçesi örneklenen zeytin bahçelerinin verimlilik durumunu belirlemek için 15 ayrı zeytin bahçesinin iki ayrı derinliğinden (0-30 ve 30-60 cm) alınan toprakların; toplam N, yarayışlı P, alınabilir K, Mg, Ca ve Na gibi bazı makro besin madde içerikleri Tablo 4'de, alınabilir B, Zn, Fe, Mn ve Cu gibi bazı mikro besin madde içerikleri ise Tablo 5'de verilmiştir. Ayrıca bu bitki besin maddelerinin toprak sınır değerleri ise Tablo 3'de verilmiştir. Zeytin bahçe topraklarının sahip olduğu toplam N içerikleri %0.06 ile %0.23 aralığında, ortalama %0.12 olarak tespit edilmiştir. Sillanpää (1990)'ın bildirdiği değerlere göre toplam N içeriklerinin, %26.67'si az (%0.045-0.09), %60'ı yeterli (%0.09-0.17), %13.33'ü fazla (%0.17-0.32) olarak görülmüştür (Tablo 3). Hatay ili Hassa ilçesinde aynı konu üzerinde çalışmış olan Özsayar ve Çimrin, (2022), zeytin yetiştiriciliği yapılan bahçe topraklarının %70'inin yetersiz N içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma alanı topraklarının organik madde içeriğinin

düşük olmasına rağmen N içeriğinin %60'ında yeterli, %13.33'ünün ise fazla olması beklenen bir sonuç değildir. Bu durum toprak örnekleri alınırken çiftçilerle yapılan görüşme notlarına bakıldığında, çiftçilerin her yılın aralık ve şubat aylarında ağaç başına yaklaşık 800 g ile 1 kg DAP gübresi kullandıklarını ifade etmeleri ile ilgili olduğunu düşündürmüştür. Zeytin bahçe topraklarının sahip olduğu P içerikleri 7.60 mg kg⁻¹ ile 39.00 mg kg⁻¹ ortalama, 15.31 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Tablo 4). Olsen ve Sommers (1982)'de belirlenen sınır aralıklarına göre yarıyıllık P içeriğinin %6.67'si az (2.5-8.0 mg kg⁻¹), %80'ni yeterli (8.0-25.0 mg kg⁻¹) ve %13.33'ünün ise fazla (25-80 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Özsayar ve Çimrin, (2022),

Hatay-Hassa'da yetiştiriciliği yapılan zeytin bahçesi topraklarının %33.33'ünde fazla ve çok fazla oranda alınabilir P belirlenmişlerdir. Çalışma topraklarında P oranının yeterli ve fazla bulunması bölge çiftçilerinin belirli bir takvime bağlı kalarak yaptıkları düzenli gübreleme ve bu gübrelerin artık etkisi ile açıklanabilir. Çalışma topraklarının alınabilir K miktarları 121.10 mg kg⁻¹ ile 626.70 mg kg⁻¹, ortalama 347.59 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Tablo 4). Zeytin bahçe toprakları, Sumner ve Miller (1996)'de belirlenen sınır aralıklarına göre toprakların K içerikleri %3.33'ünde az (50-140 mg kg⁻¹), %56.67'sinin yeterli (140-370 mg kg⁻¹) ve %40'ının ise fazla (370-1000 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Çalışma alanı zeytin bahçe topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 2. Some physical and chemical properties of olive orchard soils in the study area

Top. No	Derinlik cm	Kum %	Silt %	Kil %	Bün.	pH Sat.	O.M %	Kireç %	Tuz %	KDK Meq/100g
1	0-30	25.00	41.40	33.60	CL	7.91	1.65	18.77	0.04	35.50
	30-60	23.30	42.50	34.20	CL	7.83	0.90	19.00	0.05	35.20
2	0-30	31.50	38.20	30.30	CL	7.96	4.19	48.09	0.02	34.50
	30-60	25.70	41.20	33.10	CL	7.89	3.10	47.39	0.02	35.70
3	0-30	23.80	42.00	34.20	CL	7.74	1.37	20.80	0.05	33.50
	30-60	26.90	40.60	32.50	CL	7.82	1.03	19.94	0.04	33.40
4	0-30	34.50	36.60	28.90	CL	7.92	0.90	11.81	0.04	33.10
	30-60	37.50	35.10	27.40	CL	7.97	0.55	16.27	0.02	32.90
5	0-30	30.50	38.20	31.30	CL	8.02	0.52	39.26	0.07	35.80
	30-60	29.00	39.60	31.40	CL	8.08	0.25	38.08	0.06	35.40
6	0-30	43.70	33.50	22.70	CL	7.76	0.57	28.15	0.01	30.60
	30-60	40.30	32.50	27.10	CL	7.98	0.57	30.50	0.01	30.80
7	0-30	42.10	32.70	25.20	CL	7.95	0.60	23.83	0.01	36.20
	30-60	40.60	33.50	25.90	CL	7.91	0.46	24.55	0.04	36.20
8	0-30	39.00	34.30	26.70	CL	7.97	1.29	30.97	0.04	35.50
	30-60	29.90	39.00	31.10	CL	7.95	0.82	32.84	0.02	35.10
9	0-30	33.00	37.40	29.60	CL	7.86	1.16	28.00	0.01	33.50
	30-60	25.30	40.30	34.40	CL	7.98	0.78	25.88	0.02	33.20
10	0-30	22.20	41.30	36.50	CL	7.74	1.72	6.41	0.06	38.60
	30-60	22.60	42.80	34.60	CL	7.80	0.59	4.85	0.05	38.40
11	0-30	25.40	41.40	33.30	CL	7.84	2.29	20.72	0.05	33.10
	30-60	22.20	43.10	34.70	CL	7.80	1.24	21.35	0.05	32.80
12	0-30	24.40	42.40	33.20	CL	7.97	0.53	8.60	0.06	33.50
	30-60	22.80	42.70	34.50	CL	8.03	0.57	9.38	0.05	33.40
13	0-30	24.90	41.10	34.00	CL	7.97	1.24	17.83	0.04	36.50
	30-60	22.90	42.90	34.10	CL	7.88	0.80	16.19	0.05	36.10
14	0-30	28.40	39.80	31.80	CL	7.98	0.57	7.82	0.02	36.70
	30-60	25.80	40.80	33.40	CL	7.93	0.46	8.68	0.02	36.40
15	0-30	23.50	42.40	34.10	CL	7.98	2.65	3.91	0.02	37.10
	30-60	36.00	35.90	28.10	CL	7.97	0.80	4.22	0.02	37.20
En küçük		22.20	32.50	22.70		7.74	0.25	3.91	0.01	30.60
En büyük		43.70	43.10	36.50		8.08	4.19	48.09	0.07	38.60
Ortalama		29.42	39.17	31.40		7.91	1.14	21.14	0.04	34.86
Ortalama 0-30		30.13	39.01	31.10		7.90	1.42	21.00	0.04	34.91
Ortalama 30-60		28.72	39.34	31.70		7.92	0.86	21.27	0.03	34.81

Gökçeoğlu ve Çimrin (2022)' in Hatay ili Altınözü ilçesi zeytinliklerinde yaptıkları çalışmada toprakların %13.33'ü az, %53.33'ü yeterli ve %33.34'ü ise fazla miktarda alınabilir K içerdiğini bildirmişlerdir. Altınözü ve Reyhanlı da yapılan iki çalışmada da K içerikleri bakımında benzer sonuçlar bulunmuştur. Çalışma topraklarının alınabilir Mg içerikleri 460.00 mg kg⁻¹ ile 1080.00 mg kg⁻¹ ortalama, 780.00 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Sumner ve Miller (1996)'de

bildirdiği değerlere göre, çalışma toprakların Mg içeriklerinin %3.33'ünün yeterli (160-480 mg kg⁻¹) ve %96.67'sinin fazla (480-1500 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022)' in Hatay ili Altınözü ilçeleri zeytinliklerinde yaptıkları çalışmada %53.33'ü yeterli, %46.66'sinin ise fazla oranda alınabilir Mg içerdiğini bulmuşlardır. Özetle zeytin bahçe topraklarının Mg içeriğinin yeterli olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Toprakların besin elementlerinin referans değerleri

Table 3. Reference values of nutrient elements of soils

Özellik	Yeterlilik Sınıfı				
	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok fazla
N (%) (Sillanpää 1990)	-	0.045 - 0.09	0.09 - 0.17	0.17 - 0.32	>32
P (mg kg ⁻¹) (Olsen ve Sommers, 1982)	<2.5	2.5 - 8.0	8.0 - 25.0	25-80	>80
K (mg kg ⁻¹) (Sumner ve Miller, 1996)	<50	50-140	140-370	370-1000	>1000
Mg (mg kg ⁻¹) (Sumner ve Miller, 1996)	<50	50-160	160-480	480-1500	>1500
Ca (mg kg ⁻¹) (Sumner ve Miller, 1996)	<380	380-1150	1150-3500	3500-10000	>10000
Mn (mg kg ⁻¹) (Lindsay ve Norwell, 1978)	<4	4.0 - 14.0	14-50	50-170	>170
Zn (mg kg ⁻¹) Sillanpää (1990)	0.2-0.7	0.7-2.4	2.4-8.0	>8.0	
Fe (mg kg ⁻¹) (Lindsay ve Norwell, 1978)	Az <2.5	Orta 2.5-4.5	Yeterli >4.5		
Cu (mg kg ⁻¹) (Lindsay ve Norwell, 1978)	Yetersiz <0.2	Yeterli >0.2			
Bor (mg kg ⁻¹) (Wolf, 1971)	Yeterli 1.0-2.5				
pH, U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)	Orta asit 4.5-5.5	Hafif asit 5.5-6.5	Nötr 6.5-7.5	Hafif alkalın 7.5-8.5	Kuvvetli alkalın >8.5
EC (%), U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)	Tuzsuz 0.0-0.15	Hafif tuzlu 0.15-0.35	Orta tuzlu 0.35-0.65	Çok tuzlu >0.65	
Kireç (CaCO ₃ , %), Loeppert ve Suarez (1996)	Az kireçli 0-1	Kireçli 1.0 - 5.0	Orta kireçli 5.0 - 15.0	Fazla kireçli 15-25	Çok fazla kireçli >25
Organik Madde (O.M.) (%), (Nelson ve Sommers, 1996)	Çok az <1	Az 1.0 - 2.0	Orta 2.0 - 3.0	İyi 3.0 - 4.0	Yüksek >4

Bahçeleri topraklarının alınabilir Ca içerikleri 3160.0 mg kg⁻¹ ile 5420.0 mg kg⁻¹ ortalama 4430.0 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. (Tablo 4). Sumner ve Miller (1996)'de bildirdiği değerlere göre, toprakların Ca içeriği %10'unun yeterli (1150-3500 mg kg⁻¹) ve %90'mın fazla (3500-10000 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Çalışma topraklarının tamamının Ca içeriği 2000 mg kg⁻¹, dan fazla

olarak bulunmuştur. Zincircioğlu, (2010), zeytin bahçe topraklarında kalsiyum içeriğinin önemli olduğunu ve 2000 mg kg⁻¹'den fazla olan kalsiyum miktarının zeytin üretiminde iyi bir gelişme sağlayacağını bildirmiştir. Çalışma topraklarının Na miktarları 56.40 mg kg⁻¹ ile 69.00 mg kg⁻¹, ortalama 63.12 mg kg⁻¹ oranında belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçesi topraklarının N, P, K, Mg, Ca, ve Na içerikleri**Table 4.** N, P, K, Mg, Ca, and Na contents of olive orchard soils in Reyhanlı district of Hatay province

Top. No	Derinlik cm	N %	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Ca mg kg ⁻¹	Na mg kg ⁻¹
1	0-30	0.15	12.30	421.50	830.00	4660.00	65.50
	30-60	0.11	18.70	481.20	830.00	4690.00	63.30
2	0-30	0.14	14.20	267.00	610.00	3860.00	58.60
	30-60	0.13	13.00	263.00	630.00	4400.00	60.50
3	0-30	0.23	34.80	410.30	710.00	5330.00	67.90
	30-60	0.15	29.10	322.40	660.00	5350.00	68.10
4	0-30	0.08	10.50	159.90	940.00	4020.00	63.60
	30-60	0.09	8.90	121.10	1080.00	4010.00	63.00
5	0-30	0.11	10.60	252.50	980.00	3260.00	59.30
	30-60	0.08	7.90	223.50	1030.00	3900.00	56.40
6	0-30	0.15	13.90	234.90	670.00	3740.00	63.30
	30-60	0.11	12.50	239.30	640.00	3160.00	61.80
7	0-30	0.07	21.53	626.70	660.00	4240.00	61.20
	30-60	0.08	19.50	621.80	670.00	3440.00	59.60
8	0-30	0.14	14.40	404.70	900.00	3910.00	62.30
	30-60	0.08	17.50	387.90	890.00	4070.00	57.30
9	0-30	0.11	10.50	379.20	730.00	4220.00	61.10
	30-60	0.08	9.60	311.40	700.00	4100.00	60.20
10	0-30	0.15	14.10	308.00	820.00	5340.00	69.00
	30-60	0.13	12.70	304.20	820.00	5420.00	68.00
11	0-30	0.17	35.70	465.00	880.00	4610.00	64.10
	30-60	0.19	39.00	455.90	880.00	4420.00	63.10
12	0-30	0.11	13.00	568.10	900.00	4800.00	65.90
	30-60	0.14	7.60	524.90	820.00	4880.00	65.00
13	0-30	0.11	10.30	359.70	830.00	4970.00	66.50
	30-60	0.06	12.40	362.60	820.00	4850.00	61.60
14	0-30	0.09	8.70	254.00	460.00	5050.00	66.90
	30-60	0.08	8.20	260.00	600.00	5030.00	65.80
15	0-30	0.18	9.40	222.90	810.00	4680.00	62.80
	30-60	0.15	8.90	214.10	660.00	4520.00	61.90
En küçük		0.06	7.60	121.10	460.00	3160.00	56.40
En büyük		0.23	39.00	626.70	1080.00	5420.00	69.00
Ortalama		0.12	15.31	347.59	780.00	4430.00	63.12
Ortalama 0-30		0.13	15.60	355.63	780.00	4450.00	63.87
Ortalama 30-60		0.11	16.03	339.55	780.00	4420.00	62.37

3.3. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerine ait toprakların toplam bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), Manganez (Mn) ve bakır (Cu) içerikleri

Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinden alınan toprak örneklerinin toplam B, Zn, Fe, Mn ve Cu içerikleri Tablo 5’de verilmiştir. Ayrıca bu bitki besin maddelerinin toprak sınır değerleri ise Tablo 3’de verilmiştir. Çalışma topraklarının B miktarları 1.22 mg kg⁻¹ ile 1.99 mg kg⁻¹, ortalama 1.46 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Tablo 5). Wolf (1971)’in bildirdiği sınır değerlere göre toprak örneklerinin tamamında B miktarı yeterli (1.0-2.5 mg kg⁻¹) olarak bulunmuştur. Özsayar ve Çimrin (2022) Reyhanlı’nın komşu ilçesi olan Hassa da zeytin bahçelerinin besin elementleri miktarlarını belirleyerek beslenme durumlarını

tespit etmek amacıyla yürüttükleri çalışmada, toprakların tümünün B içeriklerinin yetersiz olduğunu bildirmişlerdir. Topraklarının Zn miktarları 0.44 mg kg⁻¹ ile 2.01 mg kg⁻¹, ortalama 0.75 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Sillanpää (1990)’ın bildirdiği değerlere göre toprakların %56.67’sinin çok az (0.2-0.7 mg kg⁻¹) ve %43.33’ünün az (0.7-2.4 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Toprakların neredeyse tümünde Zn yeter düzeyin altındadır. Yalçın ve ark. (2018), Kırıkhan ve çalışma bölgemiz olan Reyhanlı ilçelerini içeren alanda yürüttükleri çalışmada alınabilir Zn içeriklerini benzer şekilde %90 oranında çok az ve az şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Zeytin bahçesi topraklarının Fe miktarları 4.36 mg kg⁻¹ ile 7.70 mg kg⁻¹, ortalama 5.58 mg kg⁻¹ oranında belirlenmiştir (Tablo 5). Hatay, Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinin kurulu

olduğu topraklarının yarayışlı Fe içeriklerine Lindsay ve Norwell (1978)'de belirlenen değer aralıklarına göre bakıldığında toprakların %3.33'ünün orta (2.5-4.5 mg kg⁻¹) ve

%96.67'sinin yeterli (>4.5 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Hatay ilinin Hassa ilçesinde çalışan Özsayar ve Çimrin (2022) benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Tablo 5. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçesi topraklarının B, Zn, Fe, Mn ve Cu içerikleri

Table 5. B, Zn, Fe, Mn and Cu contents of olive orchard soils in Reyhanlı district of Hatay province.

Top. No	Derinlik cm	B mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹
1	0-30	1.52	0.48	5.99	1.90	1.66
	30-60	1.48	0.49	5.25	1.75	1.25
2	0-30	1.95	1.33	5.68	5.48	1.51
	30-60	1.99	1.12	5.36	5.13	0.87
3	0-30	1.37	0.55	6.75	2.35	1.16
	30-60	1.25	0.52	6.02	2.07	0.52
4	0-30	1.40	0.75	5.46	2.39	3.22
	30-60	1.35	0.59	5.33	2.07	1.02
5	0-30	1.37	0.76	7.70	1.96	1.93
	30-60	1.30	0.72	7.25	1.88	1.07
6	0-30	1.40	0.53	5.93	1.77	0.77
	30-60	1.42	0.63	5.79	1.59	0.33
7	0-30	1.40	0.59	4.36	1.82	1.52
	30-60	1.35	0.54	5.25	1.77	1.15
8	0-30	1.25	1.20	6.46	1.96	2.49
	30-60	1.22	1.02	5.63	1.59	0.85
9	0-30	1.52	0.44	4.92	1.84	1.29
	30-60	1.54	0.44	4.80	1.58	0.59
10	0-30	1.37	0.86	6.31	2.12	2.20
	30-60	1.48	0.80	6.02	2.02	1.03
11	0-30	1.62	2.01	4.52	1.38	2.40
	30-60	1.60	1.25	4.75	1.40	1.25
12	0-30	1.59	0.69	4.78	1.59	1.28
	30-60	1.51	0.62	4.90	1.63	0.63
13	0-30	1.25	0.51	4.63	2.35	0.91
	30-60	1.40	0.46	5.02	1.70	0.59
14	0-30	1.70	0.56	4.62	1.62	1.40
	30-60	1.58	0.50	4.85	1.52	0.75
15	0-30	1.38	0.71	6.94	2.60	2.10
	30-60	1.33	0.72	6.03	2.55	1.07
En küçük		1.22	0.44	4.36	1.38	0.33
En büyük		1.99	2.01	7.70	5.48	3.22
Ortalama		1.46	0.75	5.58	2.11	1.60
Ortalama 0-30		1.47	0.80	5.67	2.21	1.86
Ortalama 30-60		1.45	0.70	5.48	2.02	1.12

Çalışma topraklarının Mn miktarları 1.38 mg kg⁻¹ ile 5.48 mg kg⁻¹, ortalama 2.11 mg kg⁻¹ oranında bulunmuştur (Tablo 5). Lindsay ve Norwell (1978)'de belirlenen değer aralıklarına göre bakıldığında toprakların %93.33'ünün çok az (<4 mg kg⁻¹) ve %6.67'sinin az (4.0-14.0 mg kg⁻¹) olduğu görülmektedir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022)'in Hatay ili Altınözü ilçeleri zeytinliklerinde yaptıkları çalışmada tüm toprak örneklerinde yarayışlı Mn içeriğini yeterli düzeyde bulmuşlardır. Topraklarının Cu miktarları 0.33 mg kg⁻¹ ile 3.22 mg kg⁻¹, ortalama 1.60 mg kg⁻¹

¹ oranında belirlenmiştir (Tablo 5). Lindsay ve Norwell (1978)'de belirlenen değer aralıklarına göre bakıldığında tüm toprakların bakır içeriğinin yeterli (>0.2 mg kg⁻¹) olduğu tespit edilmiştir. Yakın bölgede yapılan çalışmalarda Yalçın ve Çimrin, (2021) ile Özsayar ve Çimrin (2022) çalışma alanlarından toprak örnekleri alıp analizlerini yapmış ve sonuç olarak tüm toprak örneklerinin yarayışlı Cu içeriği açısından yeterli miktarlarda olduğunu bildirmişlerdir.

3.4. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin ağaçlarına ait yaprakların azot (N), fosfor(P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) içerikleri

Hatay ili Reyhanlı ilçesinde yetiştiriciliği yapılan zeytin bahçelerinden alınan yaprak

örneklerinin azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) içerikleri Tablo 6'da, ilgili besin elementlerinin yaprak sınır değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçesi yapraklarının N, P, K, Ca, Mg ve Na içerikleri

Table 6. N, P, K, Ca, Mg and Na contents of olive orchard leaves in Reyhanlı district of Hatay province

Yaprak No	N	P	K %	Mg	Ca	Na mg kg ⁻¹
1	2.33	0.16	1.56	0.79	4.08	55.00
2	2.41	0.18	1.98	0.71	3.29	53.00
3	2.55	0.21	1.13	0.76	3.47	47.00
4	2.67	0.11	0.58	0.63	1.34	37.00
5	2.36	0.28	2.24	0.87	1.81	48.00
6	2.49	0.19	1.11	0.69	2.13	66.00
7	2.41	0.22	2.35	0.61	2.11	46.00
8	2.47	0.20	2.47	0.93	3.32	46.00
9	2.36	0.19	1.75	0.79	3.75	53.00
10	2.42	0.19	0.94	0.78	3.45	49.00
11	2.45	0.20	2.15	0.58	2.10	41.00
12	2.58	0.17	1.23	0.50	1.69	33.00
13	2.62	0.18	1.09	0.83	3.73	48.00
14	2.28	0.16	1.10	0.76	2.71	38.00
15	2.33	0.17	0.90	0.59	3.31	41.00
En küçük	2.28	0.11	0.58	0.50	1.34	33.00
En büyük	2.67	0.28	2.47	0.93	4.08	66.00
Ortalama	2.45	0.19	1.51	0.72	2.82	46.73

Çalışma bölgesi zeytin ağacı yapraklarının N miktarları %2.28 ile %2.67 arasında ortalama%2.45 düzeyinde bulunmuştur (Tablo 6). Sonuçlar Tablo 7. ile karşılaştırıldığında yaprakların tamamında N içeriği yeterli ve yüksek düzeyde olduğu gözlenmektedir. Bu durumun toprak organik maddesinin düşüklüğüne tezat ancak toprak N sonuçları ile benzerlik göstermesi çiftçilerin aralık ve şubat ayında her yıl yaptıkları gübreleme ile ilgili olduğunu göstermektedir. Benzer olarak çalışma alanına komşu Gaziantep ili Nizip ilçesinde bulunan zeytin bahçelerde toprak ve yaprak analizleri yaparak beslenme durumlarını belirleyen, Keleş-Uzel ve Çimrin (2020) ve komşu ilçemiz olan Hassa'nın zeytin bahçelerinde gerekli analizleri yaparak beslenme durumlarını belirleyen, Özsayar ve

Çimrin (2022) yapmış oldukları çalışmalarda zeytin yapraklarının azot içeriklerini yeterli düzeyde bulduklarını bildirmişlerdir. Çalışma bölgesi zeytin ağacı yapraklarının sahip olduğu P içeriği %0.11 ile %0.28 aralığında ortalama %0.19 düzeyinde bulunmuştur (Tablo 6). Püskülcü ve Aksalman (1988)'de bildirdiği sınır değerlere göre P içeriği bakımından zeytin yapraklarının %80'i yeterli (%0.08–0.20), %13.33'ü yüksek (%0.20–0.25) ve %6.67'si çok yüksek (%0.25<) olarak bulunmuştur (Tablo 7). Bu sonuç topraktaki P oranının yeterli olmasıyla uyumluluk göstermektedir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), komşu ilçe Altınözü'nde yaptıkları benzer çalışmada zeytin ağacı yapraklarının %93.34'ünün ise P miktarı yönünden yeterli düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 7. Zeytin yaprak bazı besin elementleri (N, P, K, Mg, Ca, B, Zn, Fe, Mn, Cu) için referans değerler (Püskülcü ve Aksalman, 1988)**Table 7.** Reference values for some nutritional elements in olive leaves (N, P, K, Mg, Ca, B, Zn, Fe, Mn, Cu) (Püskülcü ve Aksalman, 1988)

Besin Elementleri	Çok Düşük	Düşük	Yeterli	Yüksek	Çok yüksek
N (%)	<1	1.0<1.4	1.4<2.0	2.0<2.5	2.5<
P (%)	<0.05	0.05<0.08	0.08<0.20	0.20<0.25	0.25<
K (%)	<0.3	0.3<0.7	0.7<1.4	1.4<2.0	2.0<
Mg (%)	<0.08	0.08<0.25	0.25<0.45	0.45<0.57	0.57<
Ca (%)	<0.3	0.3<1.4	1.4<2.5	2.5<3.5	3.5<
B (mg kg ⁻¹)	<6	6<18	18<50	50<65	65<
Zn (mg kg ⁻¹)	<1	1<15	15<50	50<60	60<
Fe (mg kg ⁻¹)	<40	40<70	70<200	200<250	250<
Mn (mg kg ⁻¹)	<5	5<25	25<70	70<100	100<
Cu (mg kg ⁻¹)	<2	2<6	6<18	18<30	30<

Çalışma bölgesi zeytin ağacı yapraklarının K içeriği %0.58 ile %2.47 ortalama, K içeriği %1.51 olarak belirlenmiştir (Tablo 6). Püskülcü ve Aksalman (1988)'de bildirdiği sınır değerlere göre K içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si düşük (%0.3–0.7), %46.67'si yeterli (%0.7–1.4), %20'si yüksek (%1.4–2.0) ve %26.66'sı çok yüksek (%2.0<) olarak bulunmuştur. Topraktaki K oranı ile yapraktaki K oranı karşılaştırıldığında benzerlik olduğu görülmektedir. Bu durum topraktaki potasyumun bitkiye sorunsuz bir şekilde taşındığını göstermektedir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), Hatay'ın bir diğer ilçesi olan Altınözü'nde yaptıkları çalışmada zeytin yapraklarının %23.33'ünün K içeriği bakımından yetersiz %76.67'sinin ise K içeriği bakımından yeterli düzeyde olduğu bulunmuşlardır. Zeytin ağacı yapraklarının Mg içeriği %0.50 ile %0.93, ortalama %0.72 düzeyinde belirlenmiştir (Tablo 6). Püskülcü ve Aksalman (1988)'nin Tablo 4.7' de bildirdiği sınır değerlere göre Mg içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si yüksek ve %93.33'ü çok yüksek olarak bulunmuştur. Topraktaki Mg içeriğinin, örneklerin %96.67'sinde fazla çıkmasıyla, yaprakta %93.33 olarak çok yüksek çıkması tam bir uyumluluk göstermektedir. Keleş-Uzel ve Çimrin (2020), Gaziantep ili Nizip ilçesinde yaptıkları benzer çalışmada zeytin yapraklarının %75'inin magnezyum bakımından yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Yaprak örneklerinin toplam Ca miktarları %1.34 ile %4.08 ortalama %2.82 olarak belirlenmiştir (Tablo 6). Tablo 7' da Püskülcü

ve Aksalman (1988)'de bildirdiği sınır değerlere göre Ca içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si düşük, %33.33'ü yeterli, %40'ı yüksek ve %20'si çok yüksek olarak bulunmuştur. Ca içeriği bakımından da toprakta yeterli ve fazla bulunan kalsiyumun bitkide de yeterli ve yüksek çıkması bitkiye sorunsuz bir şekilde taşındığını akla getirmektedir. Özsayar ve Çimrin (2022), yürüttükleri benzer çalışmada Ca içeriğini yaprakların %73.33'ünde düşük düzeyde, %26.67'sinde yeterli düzeyde olduğunu belirlenmişlerdir. Çalışma alanı zeytin yapraklarının sodyum içeriği 33.00 mg kg⁻¹ ile 66.00 mg kg⁻¹ arasında, ortalama 46.73 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

3.5.Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin ağaçlarına ait yaprakların bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn) ve bakır (Cu) içerikleri

Hatay ili Reyhanlı ilçesinde bulunan zeytin bahçelerinden seçilen 15 ayrı bahçeden alınan yaprak örneklerinin bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn) ve bakır (Cu) içerikleri Tablo 8' de ilgili referans değerleri Tablo 7' de verilmiştir.

Çalışma bölgesi zeytin ağacı yapraklarının sahip olduğu B içerikleri 51.00 mg kg⁻¹ ile 66.00 mg kg⁻¹ ortalama 56.47 mg kg⁻¹ düzeyinde belirlenmiştir (Tablo 8). Tablo 9'da Püskülcü ve Aksalman (1988)'de bildirdiği sınır değerlere göre B içeriği bakımından zeytin yapraklarının %93.33'ü yüksek ve %6.67'si çok yüksek olarak bulunmuştur. Toprak örneklerinin tamamında B içeriğinin yeterli olmasına rağmen, yaprakta yüksek ve

çok yüksek çıkmasının nedeni incelendiğinde, çiftçilerle yapılan görüşmelerde ifade edilen, özellikle son yıllarda bölgede zeytin zararlılarıyla mücadele edilirken her ilaçlamada mikro besin elementi içerikli sıvı ve toz gübrelere (Target DF vb.) katılarak yapraklardan uygulanması olduğu söylenebilir. Özsayar ve Çimrin (2022), toprakta noksan

olan B'un yaprakta yeterli olarak bulmalarını aynı şekilde yapraklardan uygulanan sıvı gübrelere bağlamışlardır. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), Hatay ili Altınözü ilçesinde çalışmada yaprakların B içeriği bakımından %53.33'ünün yeterli seviyede olduğunu bulmuşlardır.

Tablo 8. Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçesi yapraklarının B, Zn, Fe, Mn, ve Cu içerikleri (mg kg⁻¹)

Table 8. B, Zn, Fe, Mn, and Cu contents of olive garden leaves in Reyhanlı district of Hatay province (mg kg⁻¹)

Yaprak No	B	Zn	Fe	Mn	Cu
	mg kg ⁻¹				
1	59.00	36.00	421.00	60.00	56.00
2	53.00	35.00	418.00	22.00	55.00
3	51.00	32.00	331.00	50.00	19.00
4	51.00	23.00	208.00	26.00	42.00
5	53.00	32.00	397.00	26.00	15.00
6	61.00	52.00	358.00	35.00	15.00
7	57.00	32.00	365.00	64.00	68.00
8	57.00	32.00	324.00	43.00	28.00
9	51.00	39.00	302.00	114.00	42.00
10	57.00	48.00	352.00	78.00	74.00
11	59.00	30.00	297.00	61.00	17.00
12	57.00	24.00	277.00	34.00	10.00
13	53.00	36.00	358.00	103.00	26.00
14	66.00	28.00	368.00	54.00	11.00
15	62.00	30.00	390.00	59.00	16.00
En küçük	51.00	23.00	208.00	22.00	10.00
En büyük	66.00	52.00	421.00	114.00	74.00
Ortalama	56.47	33.93	344.40	55.27	32.93

Zeytin ağacı yapraklarının sahip olduğu Zn içerikleri 23.00 mg kg⁻¹ ile 52.00 mg kg⁻¹ ortalaması 33.93 mg kg⁻¹ düzeyinde belirlenmiştir (Tablo 8). Tablo 7' de bildirilen sınır değerlere göre Zn içeriği bakımından zeytin yapraklarının %93.33'ü yeterli ve %6.67'si yüksek olarak bulunmuştur. Toprakta yetersiz olarak bulunan çinkonun yaprakta yeterli ve fazla olarak bulunmasının nedeninin yörede yaygın olarak yapraklardan uygulanan sıvı gübreler olduğu söylenebilir. Hatay ilinin Hassa ilçesinde çalışan Özsayar ve Çimrin (2022), zeytin yapraklarının %86.67'si Zn içeriği bakımından yeterli, %13.33'i ise Zn içeriği bakımından yetersiz olduğunu bulmuşlardır.

Çalışma alanı zeytin yapraklarının Fe içeriği 208.00 mg kg⁻¹ ile 421.00 mg kg⁻¹ ortalama, 344.40 mg kg⁻¹ oranında belirlenmiştir (Tablo 8). Püskülcü ve Aksalman (1988)'nin Tablo 7' de bildirdiği sınır değerlere göre Fe içeriği bakımından

zeytin yapraklarının tümünün (%6.67'si yüksek, (200-250 mg kg⁻¹) ve %93.33'ü) yüksek ve çok yüksek olarak bulunmuştur. Toprakların Fe içeriğinin yeterli olmasına rağmen yapraklarda yüksek ve çok yüksek olarak belirlenmesi daha önce de belirtildiği gibi yörede kullanılan yaprak gübrelerinin herhangi bir analiz sonuçlarına dayanmadan kullanıldığını düşündürmektedir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), Hatay ilinin Altınözü ilçesinde yaptıkları çalışmada bir örnekleri hariç tüm örneklerinin Fe bakımından yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma alanı yapraklarının Mn içeriği 22.00 mg kg⁻¹ ile 114.00 mg kg⁻¹ ortalama 55.27 mg kg⁻¹ oranında belirlenmiştir (Tablo 8). Tablo 7' bildirilen sınır aralıklarına göre Mn içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si düşük, %73.33'ü yeterli, %6.67'si yüksek ve %13.33'ü çok yüksek, olarak bulunmuştur. Çinko da olduğu gibi toprakta yetersiz olarak bulunan manganın yaprakta

yeterli olarak bulunmasının nedeninin yapraktan uygulanan sıvı gübreler (Target DF vb.) olduğu söylenebilir. Özsayar ve Çimrin (2022), Hassa'da yaptıkları çalışmada yaprakların Mn bakımından %26.67'sinin düşük, %73.33'ünün ise yeterli seviyede olduğunu bulmuşlardır.

Çalışma alanı yapraklarının sahip olduğu Cu miktarları 10.00 mg kg^{-1} ile 74.00 mg kg^{-1} ortalama 32.93 mg kg^{-1} oranında hesaplanmıştır (Tablo 8). Püskülcü ve Aksalman (1988)'de bildirdiği sınır değerlere göre Cu içeriği bakımından zeytin yapraklarının %40'ı yeterli, %20'si yüksek ve %40'ı çok yüksek, olarak bulunmuştur (Tablo 7). Toprak örneklerinin tamamında Cu içeriğinin yeterli olması ile yaprak analiz sonuçları kısmen de olsa benzerlik göstermektedir. Yaprakta fazla olarak bulunan örneklerde bilinçsiz gübreleme yapıldığı söylenebilir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), Hatay ili Altınözü ilçesinde yaptıkları benzer çalışmada bir örnekleri hariç tüm örneklerinin Cu bakımından yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

3.6.Çalışma alanı zeytin bahçelerinden alınan toprak ve yaprak örnekleri aralarındaki ilişkiler

Çalışma alanı topraklarının 0-30 cm'den alınan toprak örneklerinin kendi özellikleri ve yaprak örneklerinin besin element içerikleri arasındaki istatistiksel olarak önemli bazı ilişkiler Tablo 9'da 30-60 cm'den alınan toprak örneklerinin kendi özellikleri ve yaprak örneklerinin besin element içerikleri arasındaki istatistiksel olarak önemli bazı ilişkiler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. incelendiğinde Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinin 0-30 cm'den alınan toprak örneklerinin kum içerikleri ile tuz ($r:-0.58^*$) ve Na ($r:-0.56^*$) içerikleri arasında negatif önemli ilişki, kum içerikleri ile silt ($r:-0.98^{**}$), kil ($r:-0.99^{**}$) ve Ca ($r:-0.70^{**}$)

içerikleri arasında ise negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların silt içeriği ile tuz ($r:0.52^*$) ve Na ($r:0.56^*$) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki, silt içeriği ile kil ($r:0.95^{**}$) ve Ca ($r:0.69^{**}$) içerikleri arasında ise pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların kil içeriği ile tuz ($r:0.61^*$) ve Na ($r:0.55^*$) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki, Ca ($r:0.70^{**}$) içeriği ile ise pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur. Toprakların pH'sı ile N ($r:-0.55^*$), P ($r:-0.51^*$) ve Zn ($r:-0.62^*$) içerikleri arasında negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların organik madde içerikleri ile B ($r:0.52^*$) ve Zn ($r:0.54^*$) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki, Mn ($r:0.79^{**}$) içeriği ile ise pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların kireç içerikleri ile yaprakta K ($r:0.70^{**}$) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki, kireç içeriği ile yaprakta Na ($r:0.54^*$) içeriği arasında ise pozitif önemli ilişki belirlenirken, toprakların kireç içeriği ile Na ($r:-0.75^{**}$) içeriği arasında negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Çalışma topraklarının tuz içeriği ile Mg ($r:0.69^{**}$) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur. Toprakta bulunan N ve P ($r:0.56^*$) arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların Mg içeriği ile Cu ($r:0.54^*$) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların Ca içeriği ile Na ($r:0.88^{**}$) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakta Na içeriği ile yaprakta K ($r:-0.62^*$) içeriği arasında negatif önemli ilişki bulunmuştur. Yaprakta N içeriği ile yaprakta B ($r:-0.52^*$) içeriği arasında negatif önemli ilişki, yapraktaki Fe ($r:-0.67^{**}$) içeriği ile ise negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Yapraktaki P içeriği ile yapraktaki K ($r:0.65^{**}$) içeriği arasında ve yapraktaki Na içeriği ile yapraktaki Zn ($r:0.86^{**}$) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Yapraktaki Mg içeriği ile yapraktaki Ca ($r:0.53^*$) içeriği arasında ve yapraktaki Ca içeriği ile yapraktaki Mn ($r:0.59^*$) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir.

Tablo 9. 0-30 cm'den alınan toprak örneklerinin kendi özellikleri ve yaprak özellikleri arasındaki ilişkiler (r)**Table 9.** Relationships between soil properties and leaf properties of soil samples taken from 0-30 cm (r)

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Korelasyon Katsayısı (r)	Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Korelasyon Katsayısı (r)
Kum	Silt	-0.98**	Organik Madde	Toprakta Zn	0.54*
Kum	Kil	-0.99**	Organik Madde	Toprakta Mn	0.79**
Kum	Tuz	-0.58*	Kireç	Toprakta Na	-0.75**
Kum	Toprakta Ca	-0.70**	Kireç	Yaprakta K	0.70**
Kum	Toprakta Na	-0.56*	Kireç	Yaprakta Na	0.54*
Silt	Kil	0.95**	Tuz	Toprakta Mg	0.69**
Silt	Tuz	0.52*	Toprakta N	Toprakta P	0.56*
Silt	Toprakta Ca	0.69**	Toprakta Mg	Toprakta Cu	0.54*
Silt	Toprakta Na	0.56*	Toprakta Ca	Toprakta Na	0.88**
Kil	Tuz	0.61*	Toprakta Na	Yaprakta K	-0.62*
Kil	Toprakta Ca	0.70**	Yaprakta N	Yaprakta B	-0.52*
Kil	Toprakta Na	0.55*	Yaprakta N	Yaprakta Fe	-0.67**
pH	Toprakta N	-0.55*	Yaprakta P	Yaprakta K	0.65**
pH	Toprakta P	-0.51*	Yaprakta Mg	Yaprakta Ca	0.53*
pH	Yaprakta Zn	-0.62*	Yaprakta Ca	Yaprakta Mn	0.59*
Organik Madde	Toprakta B	0.52*	Yaprakta Na	Yaprakta Zn	0.86**

(*) ile gösterilen korelasyon katsayısı 0.05 ve (**) ile gösterilen korelasyon katsayısı 0.01 düzeyinde önemlidir.

Tablo 10. incelendiğinde Hatay ili Reyhanlı ilçesi zeytin bahçelerinin 30-60 cm'den alınan toprak örneklerinin kum içeriği ile silt (r:-0.99**), kil (r:-0.99**) ve Ca (r:-0.74**) içerikleri arasında negatif çok önemli ilişki, tuz (r:-0.56*) içeriği ile ise negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların silt içeriği ile tuz (r:0.61*) içeriği arasında pozitif önemli ilişki, kil (r:0.97**) ve Ca (r:0.76**) içerikleri ile ise pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur. Toprakların kil içeriği ile Ca (r:0.70**) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Bahçe topraklarının pH içeriği ile Na (r:-0.56*) içeriği arasında negatif önemli ilişki belirlenirken, P (r:-0.69**) içeriği arasında negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların organik madde içeriği ile B (r:0.76**) ve Mn (r:0.87**) içerikleri arasında pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur. Toprakların kireç içeriği ile Na (r:-0.68**) içeriği arasında negatif çok önemli ilişki, yaprakta K (r:0.68**) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki, yaprakta Na (r:0.52*) içeriği arasında ise pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların KDK miktarı ile yaprakta demir (r:0.52*) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların N

içeriği ile P (r:0.56*) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenirken, yaprakta Mg (r:-0.57*) içeriği arasında ise negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların Ca içeriği ile Na (r:0.74**) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların Na içeriği ile yaprakların K (r:-0.68**) içeriği arasında negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Toprakların B ve Mn (r:0.64**) içerikleri arasında pozitif çok önemli ilişki bulunmuştur. Toprakların Fe içerikleri ile yaprakların P (r:0.59*) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Yaprakların N içeriği ile yaprakların B (r:-0.52*) içeriği arasında negatif önemli ilişki belirlenirken, yaprakların Fe (r:-0.67**) içerikleri arasında ise negatif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Yaprakların P içeriği ile yaprakların K (r:0.65**) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir. Yaprakların Mg içerikleri ile yaprakların Ca (r:0.53*) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki bulunmuştur. Yaprakların Ca içerikleri ile yaprakların Mn (r:0.59*) içerikleri arasında pozitif önemli ilişki bulunmuştur. Yaprakların Na içeriği ile yaprakların Zn (r:0.86**) içeriği arasında pozitif çok önemli ilişki belirlenmiştir.

Tablo 10. 30-60 cm'den alınan toprak örneklerinin kendi özellikleri ve yaprak özellikleri arasındaki ilişkiler (r)**Table 10.** Relationships between soil properties and leaf properties of soil samples taken from 30-60 cm (r)

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Korelasyon Katsayısı (r)	Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Korelasyon Katsayısı (r)
Kum	Silt	-0.99**	Kireç	Yaprakta Na	0.52*
Kum	Kil	-0.99**	KDK	Yaprakta Fe	0.52*
Kum	Tuz	-0.56*	Toprakta N	Toprakta P	0.56*
Kum	Toprakta Ca	-0.74**	Toprakta N	Yaprakta Mg	-0.57*
Silt	Kil	0.97**	Toprakta Ca	Toprakta Na	0.74**
Silt	Tuz	0.61*	Toprakta Na	Yaprakta K	-0.68**
Silt	Toprakta Ca	0.76**	Toprakta B	Toprakta Mn	0.64**
Kil	Toprakta Ca	0.70**	Toprakta Fe	Yaprakta P	0.59*
pH	Toprakta P	-0.69**	Yaprakta N	Yaprakta B	-0.52*
pH	Yaprakta Na	-0.56*	Yaprakta N	Yaprakta Fe	-0.67**
Organik Madde	Toprakta B	0.76**	Yaprakta P	Yaprakta K	0.65**
Organik Madde	Toprakta Mn	0.87**	Yaprakta Mg	Yaprakta Ca	0.53*
Kireç	Toprakta Na	-0.68**	Yaprakta Ca	Yaprakta Mn	0.59*
Kireç	Yaprakta K	0.68**	Yaprakta Na	Yaprakta Zn	0.86**

(*) ile gösterilen korelasyon katsayısı 0.05 ve (**) ile gösterilen korelasyon katsayısı 0.01 düzeyinde önemlidir

Özsayar ve Çimrin (2022), Hassa'da kurulu olan zeytin bahçesi topraklarında yaptıkları çalışmada, benzer şekilde organik madde ile toprakta B ve Zn arasında pozitif önemli ilişki bildirirken, Keleş-Uzel ve Çimrin (2020), Gaziantep'in Nizip ilçesinde yaptıkları benzer çalışmada tuz ile topraktaki Mg arasında pozitif önemli ilişki bildirmişlerdir. Gökçeoğlu ve Çimrin (2022), kil ile topraktaki Na, tuz ile topraktaki Mg ve yapraktaki P ile yapraktaki K arasında benzer şekilde pozitif ilişkiler bildirmişlerdir. Yalçın ve ark., (2018), Hatay ili Kırıkhan ve çalışma bölgemiz olan Reyhanlı ilçelerini içeren bölge çayır-mera topraklarında toprağın sahip olduğu organik madde içerik miktarları ile P, K ve Cu besin elementleri arasında pozitif ilişkiler bulmuşlardır.

4.Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada zeytin bahçesi topraklarının tamamı killi tınlı sınıfta yer almıştır. Toprakların tümünün hafif alkalin karakterde olduğu, %60'ının organik madde içerikleri çok az, %26.7'sinin az ve %10.0'unun orta, %3.3'ünün ise iyi düzeyde olduğu, %6.7'si kireçli, %26.7'si orta kireçli, %33.3'ü fazla kireçli ve %33.3'ü ise çok fazla kireçli olduğu ve bütün toprakların tuzsuz olduğu bulunmuştur.

Yapılan analizler neticesinde toprakların %60'ında azotun yeterli, %80'inde fosforun

yeterli, %56.67'sinde potasyumun yeterli, %96.67'sinde magnezyumun fazla ve %90'ında Ca'un fazla olduğu bulunmuştur. Organik maddenin aksine N, P, K, Mg ve Ca değerlerinin yeterli ve fazla bulunması, bölgede gübreleme yapıldığını akla getirmektedir. Ayrıca toprakların Mg ve Ca bakımından gübrelemeye ihtiyaç duymadığı söylenebilir. Toprak örneklerinin tamamında B miktarı yeterli bulunmuştur. Toprakların Zn içerikleri %56.67'sinin çok az ve %43.33'ünün az olarak bulunmasına karşın, zeytin yapraklarının Zn içerikleri ise %93.33'ü yeterli ve %6.67'si yüksek olarak bulunmuştur. Zn'nun toprakta yetersiz olmasına karşın, yaprakta yeterli olması akla bölgede son zamanlarda sıkça kullanılmaya başlayan sıvı gübrelerini getirmektedir.

Toprakların, Fe içeriği yönünden %96.67'sinin yeterli, Mn içeriği yönünden %93.33'ünün çok az ve Cu içeriği yönünden ise tamamının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler neticesinde yaprakların N yönünden tamamının yeterli, P yönünden ise %80'inin yeterli olduğu belirlenmiştir. K içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si düşük, %46.67'si yeterli, %20'si yüksek ve %26.66'sı çok yüksek olarak bulunmuştur. Zeytin yapraklarının Mg içeriği %6.67'si yüksek ve %93.33'ü çok yüksek olarak bulunmuştur. Mg içeriği bakımından toprak örneklerinin %96.67'sinde fazla yaprak

örneklerinin ise %93.33 olarak çok yüksek çıkması tam bir uyumluluk göstermektedir. Ca içeriği bakımından zeytin yapraklarının %6.67'si düşük, %33.33'ü yeterli, %40'ı yüksek ve %20'si çok yüksek olarak bulunmuştur.

Zeytin yapraklarının, B içeriği bakımından %93.33'ü yüksek ve %6.67'si çok yüksek, Zn içeriği bakımından %93.33'ü yeterli ve %6.67'si yüksek, Fe içeriği bakımından tümü yüksek ve çok yüksek, Mn içeriği bakımından %6.67'si düşük, %73.33'ü yeterli, %6.67'si yüksek ve %13.33'ü çok yüksek ve Cu içeriği bakımından %40'ı yeterli, %20'si yüksek ve %40'ı çok yüksek, olarak bulunmuştur. Genel itibari ile yaprakta mikro besin elementlerinin yüksek çıkmasının nedeni daha önce belirtildiği gibi bölgede son zamanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlayan kompoze sıvı gübreler olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, bazı bitki besin elementlerinin çok yüksek çıkmasına karşın bazısının düşük çıkması ve toprak değerleriyle yaprak değerlerinin uyuşmaması toprağın pH ve kireç miktarının yüksek olması yanında analize dayanmayan gübreleme yapıldığını göstermektedir. Analize dayanmayan gübreleme programlarının uygulanması çeşitli olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Hem verimin artırılması hem de dengesiz gübre kullanımı ve gübre maliyetlerinin artmasının önlenmesi için toprak ve yaprak analizlerinin yaptırılması ve gübrelemenin bu analiz sonuçlarına göre yapılması gerekmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2006. Zeytin Yetiştiriciliği Kitabı, TAGEM Yayın No: 61 İzmir.
- Anonim, 2018. 2017 yılı zeytin ve zeytinyağı raporu. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, <https://ticaret.gov.tr/data/5d41e59913b87639ac9e02e8/8512b3a2e022b153d55c8bc02f55e0b4.pdf> (Erişim tarihi:29.05.2024).
- Anonim, 2023. Coğrafi yapı, Reyhanlı Kaymakamlığı, <http://www.reyhanli.gov.tr/cografik-yapi> (Erişim tarihi: 12.07.2023).
- Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants: Developments, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, New York.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner, J.M., 1965. Total Nitrojen. In C.A. Black et al. (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 2*, Agronomy 9: 1149-1178. Am. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1961. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*, 1 309. University of California, Division of Agricultural Sciences, USA.
- Çolakoğlu, H., 1985. Gübre ve Gübreleme. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tez No: 17-1. Bornova, İzmir.
- Doğan, F., 2007. Osmanlı devletinde zeytinyağı (1800-1920). Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 381s., Ankara.
- Eryüce, N., 1979. Ayvalık bölgesi yağlık zeytin çeşidi yapraklarında bazı besin elementlerinin bir vejetasyon periyodu içindeki değişimleri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- FAO, 2021. FAOSTAT veri tabanı, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 05.06.2023).
- Gökçeoğlu K., Çimrin K.M., 2022. Hatay altınözü ilçesi zeytin (*Olea europaea* L.) ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi, *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 680-697.
- Hızalan, E., Ünal, H., 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278.
- Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. No: 899, 169-175.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki analizleri, Cilt 1., Nobel yayın, 892 s, Ankara.
- Keleş-Uzel, N., Çimrin, K.M., 2020. Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçelerinin yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4): 1039-1053.
- Koca, N., 2004. Çanakkale’de zeytin yetiştiriciliğinin coğrafi esasları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 9:119-139.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil test for Zn, Fe, Mn, and Cu. *Soil Science Society of American Journal*, 42: 421-428.
- Llamas, J.F., 1984. Basis of fertilization in olive cultivation and the olive tree’s vegetative cycle and nutritional needs. international course on the fertilization and intensive cultivation of the olive cultivation. UNDP-FAO, Cordoba-Spain.
- Loeppert, R.H., Suarez, D.L., 1996. Carbonate and gypsum. in methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods, 437- 474. Edited by D.L. Spark. Madison, Wisconsin, USA.
- Loumou, A., Giourga, C., 2003. Olive groves: the life and identity of the Mediterranean. *Agriculture and Human Values*, 20: 87-95.
- Nelson. D.W., Sommers. L.E., 1996. Total carbon. organic carbon and organic matter methods of soil analysis part 3. Chemical Methods, 961-1010.
- Mclean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 199-224.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Waterable, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USPA Circular No:939, Washington D.C.
- Olsen. S.R., Sommers. L.E., Page, A., 1982. Methods of soil analysis. Part. 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. 403-430. USA.
- Özsayar, M.M., Çimrin, K.M., 2022. Hatay ili hassa ilçesi zeytin ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 42–57.
- Pirgün, Y., 2007. Hatay’da yetiştirilen gemlik ve halhalı zeytinlerinin antioksidan etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Pratt, P.F., 1965. Potassium. Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd. Ed, A. L. Page, Amer, Soc, of Argon, Inc, Pub, Argon, Series No: 9.
- Püskülcü, G., Aksalman A., 1988. Zeytinde yaprak-toprak örneklerinin alınma prensipleri ve gübre tavsiyeleri. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü. Bornova İzmir.
- Richard, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Handbook 60, U.S. Department of Agriculture.
- Sillanpää, M., 1990. Micronutrient Assessment at The Country Level: An International Study. In: FAO Soils Bulletin, N. 63.
- Sumner. M.E., Miller. W.P., 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods, 5: 1201-1229.

- TÜİK, 2023. Merkezi dağıtım sistemi, Türkiye İstatistik Kurumu <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim tarihi: 21.05.2024).
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 375s.
- United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 60. Washington: US Government Printer.
- Ülgen, N., Ateşalp, M., 1972. Toprakta bitki tarafından alınabilir fosfor tayini. Toprak Su Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi, Sayı 21, Ankara, 17s.
- Wolf, B., 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5): 363-374.
- Yalçın, M., Çimrin, K.M., Tutuş, Y., 2018. Hatay ili Kırıkhan–Reyhanlı bölgesi çayır mera topraklarının besin elementi durumları ve bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3): 385-396.
- Yalçın, M., 2021. Hatay ili Reyhanlı-kumlu bölgesi topraklarının pH, kireç ve organik madde içeriklerinin belirlenmesi. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(2): 56-62.
- Zincircioğlu, N., 2010. Organik ve geleneksel zeytin yetiştiriciliğinde bitki beslenme durumunun meyve yaprak ve zeytinyağında önemli kalite ölçütleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Atıf Şekli	Pilatin, A., Çimrin, K.M., 2025. Hatay İli Reyhanlı İlçesi Zeytin Ağaçlarının Yaprak ve Toprak Örnekleri ile Beslenme Durumunun Belirlenmesi. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(1): 89-106. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14567992
To Cite	Pilatin, A., Çimrin, K.M., 2025. Determination of Nutrition Status of Leaf and Soil Samples of Olive Trees in Reyhanlı District of Hatay. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(1): 89-106. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14567992



Effects Of Stubble Burning on Selected Physical and Chemical Properties in Alkaline Agricultural Soil

Mustafa DEMİR^{1*}, Erdihan TUNÇ¹, Ömer ÇELİK², Nevzat ASLAN³

¹ Gaziantep University, Faculty of Arts and Science, Biology Department, Gaziantep

² Muş Alparslan University, Faculty of Applied Science, Department of Plant Production, Muş

³ Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Siirt

*Corresponding author: mustdem@gmail.com

Abstract

Stubble burning is a traditional soil management method that affects soil quality and fertility and has often been preferred by farmers. In this study conducted to understand the short-term effects of stubble burning on soil properties in alkaline agricultural soils, 100 soil samples were taken from 20 wheat fields with stubble burned (STB, n=10) and non-stubble burned (NSB, n=10) in Araban. The samples were analyzed for aggregate stability (AS), pH, carbonates (IC), electrical conductivity (EC), soil organic matter (SOM), available phosphorus (P_{av}), and extractable potassium (K_{ex}). Correlation (CA), principal component (PCA), and hierarchical cluster analysis (HCA) were applied to the data. The results showed that AS and pH values were 3% and 2% lower ($p<0.05$), while IC and P_{av} contents were approximately 23% higher ($p<0.01$ and $p<0.05$) in NSB. No significant differences were observed in EC values and SOM and K_{ex} contents between STB and NSB ($p>0.05$). PCA accounted for 74.9% and 76.4% of total variance in NSB and STB, respectively. According to HCA results, it was determined that the components were completely changed. Many statistical approaches showed that stubble burning changed the ongoing relationships between selected physical and chemical properties of soils before burning due to the direct and indirect effects of heat and ash. In conclusion, these disturbed relationships are likely to negatively affect the productivity of alkaline field soils in the long term.

Research Article

Article History

Received :28.08.2024
Accepted :30.09.2024

Keywords

PCA
Gaziantep
agriculture
alkaline soil
stubble burning

1. Introduction

Stubble burning is a widely used soil management technique among farmers globally (Bahşi et al., 2023). This practice is favored due to its ability to facilitate soil cultivation, provide cost-effective disposal of residues, control pests and diseases, increase crop yields, and lack economic value (Halder et al., 2023). However, the burning of stubble, a significant source of soil organic matter (SOM) (Arunrat et al., 2023), has raised concerns as it threatens the sustainability of soil quality and health (Palta and Kaur, 2024).

Stubble burning generates heat and ash, which alter the soil's physical, chemical, and biological properties, ultimately affecting agricultural productivity (Jamali et al., 2021). For instance, in rice fields of Bangladesh with high clay content, low soil organic carbon (SOC), and weak AS, where stubble was burned, the mean weight diameter (MWD) decreased by 19% and SOC by 20% compared with the unburned soil (Halder et al., 2023). In Denmark, after 28-36 years of cereal cultivation, the SOC levels were 13% higher in fields where stubble burning did not occur compared with those where stubble was burned (Schjøning, 2023). Studies have shown that the soil pH in rice fields where stubble burning occurs is significantly higher than that in unburned fields. However, the EC, P_{av} , and K_{ex} contents remain unchanged (Preesong and Yampracha, 2022). On the other hand, it was noted that the levels of P_{av} and K_{ex} increased in the soil post-stubble burning, but returned to their initial concentrations after a year (Arunrat et al., 2023).

The cultivation of wheat in Türkiye covers an area of approximately 11.5 million hectares (Anonymous, 2024a), and stubble burning is deeply entrenched as a customary practice (Bahşi et al., 2023). Although it is formally prohibited by legislation (Yakupoglu et al., 2024), statistics indicate that roughly 30% of grain farming regions still engage in the burning of stubble (Yıldırım, 2023). In addition, the agricultural lands in the Mediterranean region, such as those in Gaziantep, are characterized by low levels of

SOM (Tunç and Demir, 2021), making stubble burning a significant contributor to the economic setbacks faced by the agricultural sector in Türkiye (Yakupoglu et al., 2022).

The goal of this study was to investigate whether changes occur in the composition of selected soil general properties and the relationships among these properties in alkaline wheat soils following stubble burning. The findings of this research aim to fill the existing knowledge gap regarding the effects of stubble burning on alkaline agricultural soils, which are prevalent in the Mediterranean Basin and in the agricultural regions of Gaziantep, a significant commercial and agricultural center. Additionally, this study represents the first examination of stubble burning in the region, which is expected to provide valuable information for the agricultural economy of the Gaziantep province, helping to protect soil health, improve soil quality and fertility, and increase productivity.

2. Materials and Methods

2.1. Study area and soil sampling

Located in the southeastern region of Türkiye, the Araban district of Gaziantep is surrounded by Besni in the north, Pazarcık in the west, Halfeti in the east and Yavuzeli in the south (Figure 1). The Araban Plain, a colluvial plain between high mountains in the north and south, has an average altitude of 600 m (Tunç et al., 2021). The Araban Plain, which is in the category of Class I agricultural lands where products such as wheat, barley, corn, chickpeas and garlic are widely grown, has an area of approximately 540 km² (Tunç et al., 2013, 2021). As is the case with Gaziantep agricultural soils (Avcı and Deveci, 2013), agricultural soils of Araban Plain are also located geologically in a zone with limestone and gypsum (Tunç et al., 2013), and most of them are classified as Calcic Luvisols (Lk) and Calcic Xerosols (Xk) (Anonymous, 2022). Furthermore, in Araban, the Mediterranean climate, which is generally expressed as "Csa" according to the Koppen-Geiger climate classification, indicates that the winter months are generally moderate, and the summers are

dry and hot (Kottek et al., 2006). The annual average temperature in the Araban Plain is 6.9 °C (- 3 °C to + 18 °C) and the amount of precipitation is approximately 520 mm (Tunç et al., 2021; Anonymous, 2024b).

Two neighboring wheat fields, one with stubble burning (STB) and one without (NSB), soil properties are like each other, and the same parent materials were selected as a sampling location (Figure 1). A total of 100 soil samples were taken from NSB and STB at each of the sampling locations (n=10) from a depth of 0-20 cm with a steel shovel. The soil samples were transported to the Gaziantep University Soil Ecology Laboratory, where they were air-dried and sifted through a 2-mm sieve.

2.2. Soil analysis

The AS (%) value was determined using a wet sieving method with a wet sieving apparatus (Eijelkamp, 08.13, Netherlands) (Le Bissonnais, 1996; Rohošková and Valla, 2004). Soil pH and EC values (dS m^{-1}) were

measured with a multimeter (Consort C5020, Turnhout, Belgium) by taking soil-water ($1/2.5 \text{ m v}^{-1}$) saturation sludge (Richard, 1954). The inorganic carbonate (IC; %) content was determined with a Scheibler calcimeter (Eijelkamp M1.08.53.D, Holland) using the method recommended for soils with low SOM and MnO_2 contents (Allison and Moodie, 1965). The SOM contents of the soil were calculated by multiplying the SOC values determined by the titrimetric method (Walkley and Black, 1934) with the Van Bemmelen factor (1.724) (Nelson and Sommers, 1996). The P_{av} (mg kg^{-1}) content was determined using a spectrophotometer (UV-1280, Shimadzu Corporation, Japan) of the extracts obtained with ammonium bicarbonate (NH_4HCO_3) (Olsen et al., 1954), and the K_{ex} (mg kg^{-1}) content was calculated using a flame photometer (BWB XP flame photometer, BWB Technologies, England) of the extracts obtained with ammonium acetate ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$), using the standard curve (Helmke and Sparks, 1996).

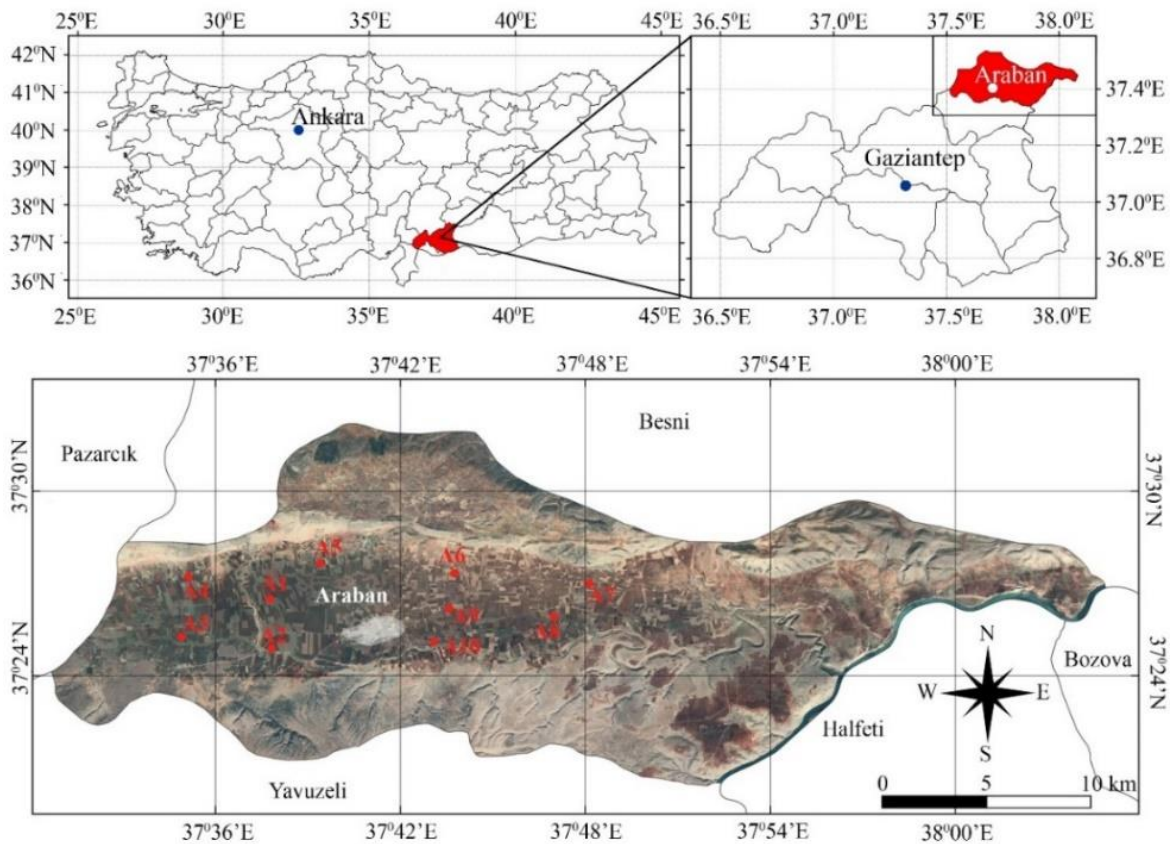


Figure 1. The sampling locations in study area (A1-10: sample locations).

2.3. Quality of analysis

Each analysis was repeated thrice, and the arithmetic average was calculated. As a reference material, UME RM 9908a was used for SOM and IC, and UME RM 9918c was used for EC (TUBITAK, Ankara). The arithmetic means of three replicate analyses from the reference material for SOM, IC, and EC corresponded to 96.8%, 101.8%, and 92.1% of the reference values, respectively.

2.4. Statistical analysis

To analyze the data, we utilized SPSS Statistics (Version 27, IBM, USA) for normality testing, Jamovi (Version 2.4) for Sample T-Test and correlation analysis (Jamovi Project, 2023), and R Studio (Version 2023.12.1 Build 402, Posit Software, PBC) for principal component (PCA), hierarchical cluster analysis (HCA), and graphics (RCoreTeam, 2022). Our PCA, conducted using the Varimax method, employed the KMO measure of sample adequacy for assumptive checks, with components having eigenvalues values greater than 1 being retained. HCA was performed using the ward.D2 method.

3. Results and Discussion

3.1. The contents of selected general soil properties before stubble burning

Analysis results on selected general soil properties were found to be consistent with the results of previous studies carried out in the region (Tunç et al., 2013, 2020, 2021). According to mean values, results revealed that for AS, pH, EC, IC, SOM, K_{ex} , and P_{av} were $55.98 \pm 10.70\%$, 7.77 ± 0.05 , $0.77 \pm 0.05 \text{ dS m}^{-1}$, $9.31 \pm 4.97\%$, $0.86 \pm 0.25\%$, $55.48 \pm 4.36 \text{ mg kg}^{-1}$, and $8.74 \pm 7.49 \text{ mg kg}^{-1}$, respectively (Table 1). The analysis results indicated that the soils exhibited a slightly alkaline (Hartemink and Barrow, 2023) soil pH, which varies within the categories of non-saline to slightly saline (Richard, 1954) for EC, and slightly calcareous to calcareous (Kaçar, 2016) for IC. Furthermore, it was observed that soils with low levels of SOM were inadequate for K_{ex} (Pizer, 1967) and ranged from insufficient to moderately adequate for P_{av} (Olsen and

Sommers, 1982). These findings are consistent with the results presented in previous studies of agricultural soils (Tunç et al., 2012; Tunç and Demir, 2021), which have a high risk of erosion (Tunç et al., 2013), annual precipitation in the range of 400-600 mm (Anonymous, 2024b) and located in a transition zone between the Mediterranean and continental climate (Tunç et al., 2013, 2014) and shaped from limestone and gypsum parent material (Demir et al., 2023).

3.2. Changes in selected general soil properties after stubble burning

In NSB, AS and pH were lower by approximately 3% and 2% ($p < 0.05$), respectively, while IC and P_{av} were higher by about 23% ($p < 0.01$ and $p < 0.05$, respectively). No significant differences were observed in EC values and SOM and K_{ex} contents between STB and NSB ($p > 0.05$; Table 1). These results showed that AS, pH, IC and P_{av} were significantly affected by the heat and ash generated by stubble burning. This supports the findings of previous studies conducted in the Mediterranean region soils (Jiménez-Pinilla et al., 2016; Thomaz, 2018). The elevated AS in STB may be due to high carbonate content, contradicting prior studies (Daroch et al., 2024; Halder et al., 2023). Keeley (2009) reported that cementing agents like carbonate may influence AS due to heat from burning. Previous research indicates an increase in soil pH post-stubble burning (Arunrat et al., 2023; Palta and Kaur, 2024), linked to ash contribution affecting H^+ concentrations that determine soil pH value in soil solutions (Young, 2013). Also, alterations in soil pH after stubble burning significantly affect nutrient bioavailability (Hartemink and Barrow, 2023). Contrary to earlier claims of temperature resistance up to 1000 °C (Rabenhorst, 1988), decreases in IC of regional agricultural soils with high carbonate contents (Bozgeyik and Çimrin, 2020; Demir et al., 2024) in STB, support previous other findings (Jiménez-Pinilla et al., 2016; Keeley, 2009). The reduction in P_{av} in STB, like earlier study (Kirkby and Fattore, 2006), which limits plant growth and agricultural productivity, may

result from ash loss by erosion (Soto et al., 1995; Wu et al., 2023). Additionally, repeated stubble burning adversely impacts the long-term phosphorus pool due to P_{av} losses (Resende et al., 2011).

As reported in the previous study (Preesong and Yampracha, 2022), the lack of significant EC differences in STB and NSB may be influenced by soil moisture variations (Tütmez, 2024), particularly in the agricultural soils of Araban, which is in a semiarid transition region between the Mediterranean and continental climates (Tunç and Demir, 2021). This observation is consistent with results of previous research in tropical agricultural fields (Arunrat et al., 2023). Stubble burning also significantly impacts SOM, a critical indicator of soil quality and agricultural productivity (Tunç and Demir,

2021). Moreover, it has been shown that the negative effects of stubble burning on soil carbon persist for more than six years (Roper et al., 2021). The lower SOM contents in STB compared to NSB align with previous studies (Can and Dogan, 2017; Palta and Kaur, 2024), though significant differences were absent between in NSB and STB contrary to previous studies (Arunrat et al., 2023; Halder et al., 2023) and this can probably be explained by the very low SOM contents of the regional soils (Çelik et al., 2017; Şimşek Semercioglu et al., 2023). Also insufficient fire temperatures may also account for the unchanged SOM levels (Thomaz, 2017). Contrary to studies suggesting ash increases K_{ex} contents post-burn (Ghosh et al., 2023; Preesong and Yampracha, 2022), no significant differences were observed between STB and NSB K_{ex} levels.

Table 1. Descriptive statistics results of the selected soil general properties (Min.: minimum, 1st Q: first quartile, Med.: median, 3rd Q: third quartile, Max.: maximum, StD: the standard deviation, Kurt.: kurtosis, Skw.: skewness, CV: the coefficient of variation, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, ns: no significance).

		Min.	1 st Q	Mean	Med.	3 rd Q	Max.	StD	Kurt.	Skw.	CV	p
AS (%)	NSB	44.16	54.24	55.98	55.89	57.72	75.30	10.7	-0.71	0.54	19.11	*
	STB	51.32	56.80	57.62	57.04	58.45	65.28	5.08	-1.36	0.29	8.82	
pH (%)	NSB	7.71	7.76	7.77	7.77	7.78	7.85	0.05	-0.48	0.39	0.61	*
	STB	7.79	7.91	7.92	7.90	7.94	8.09	0.10	-0.77	0.33	1.21	
EC (dS m ⁻¹)	NSB	0.63	0.74	0.72	0.73	0.79	1.11	0.14	4.86	2.00	17.82	ns
	STB	0.68	0.76	0.77	0.75	0.78	0.93	0.07	2.60	1.29	8.76	
IC (%)	NSB	1.89	8.50	9.31	9.46	10.12	15.90	4.97	-1.41	-0.08	53.42	**
	STB	4.54	6.83	7.12	6.81	7.40	10.60	1.76	0.48	0.76	24.80	
SOM (%)	NSB	0.47	0.82	0.86	0.85	0.90	1.23	0.25	-0.91	-0.17	28.90	ns
	STB	0.52	0.78	0.81	0.78	0.84	1.14	0.18	-0.05	0.28	22.76	
K_{ex} (mg kg ⁻¹)	NSB	46.80	54.77	55.48	56.00	56.19	60.00	4.36	0.04	-0.76	7.86	ns
	STB	39.80	55.76	56.79	60.00	57.82	60.00	6.31	7.20	-2.61	11.12	
P_{av} (mg kg ⁻¹)	NSB	1.53	7.52	8.74	6.68	9.96	25.75	7.49	2.06	1.43	85.67	*
	STB	2.75	6.24	6.71	7.03	7.18	11.73	2.88	-0.55	0.39	42.97	

3.3. Effects of stubble burning on relationships in soils

CA (Figure 2), PCA, and HCA (Figure 3) were employed to assess the impact of stubble burning on soil relationships. CA indicated negative correlations between AS with EC ($r^2 = -0.601$ *), soil pH with P_{av} and EC ($r^2 = -0.669$ ** and $r^2 = -0.768$ **), and IC with SOM and K_{ex} ($r^2 = -0.563$ * and $r^2 = -0.524$ *) in NSB, while positive correlations were noted between P_{av} and EC, SOM, and K_{ex} ($r^2 = 0.521$ *, $r^2 = 0.666$ ** and $r^2 = 0.760$ **). In STB, negative correlations were observed

between EC with K_{ex} ($r^2 = -0.718$ **), and IC with AS and EC ($r^2 = -0.786$ ** and $r^2 = -0.582$ *), while a positive correlation between IC and pH ($r^2 = 0.844$ **) was identified. PCA accounted for 74.9% and 76.4% of total variance in NSB and STB, respectively. In NSB, PC1 (33.4%) was characterized by SOM, P_{av} and K_{ex} , PC2 (28.8%) by AS and EC (Figure 3A), and PC3 (17.7%) by IC and pH (Figure 3B). In STB, it was determined that IC, pH, SOM, and P_{av} contributed to PC1 (31.2%), AS, and SOM to PC2 (24.3%; Figure 3D) and EC and K_{ex} to PC3 (20.9%; Figure 3E). PCA

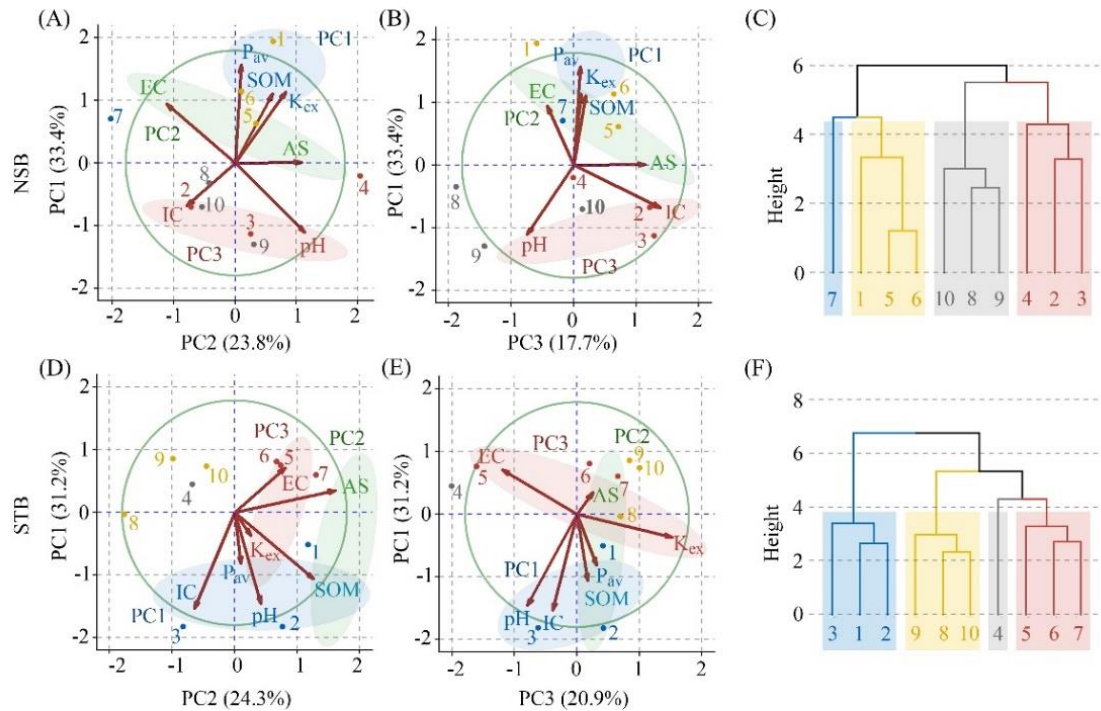


Figure 3. PC1 and PC2 (A), PC1 and PC3 diagram (B) of PCA and dendrogram of HCA (C) in NSB and PC1 and PC2 (D), PC1 and PC3 diagram (E) of PCA and dendrogram of HCA (F) in STB.

4. Conclusion

A comparative analysis of alkaline wheat field soils derived from limestone and gypsum parent materials found that stubble burning led to a notable increase in both AS and soil pH values, while concurrently causing a significant reduction in IC and P_{av} contents. The study indicated that IC played a crucial role in the observed rise in AS and pH. Furthermore, the elevated temperatures resulting from stubble burning were identified as a key factor contributing to the decline in IC and ash content in K_{ex} . The non-significant reduction in SOM after stubble burning was linked to the substantial decrease in P_{av} contents. The findings suggest that alterations in pH due to stubble burning could have profound implications for the availability of essential nutrient elements. PCA and HCA corroborated the significant changes in selected soil properties that are vital for soil quality and health.

The results underscore the potential risks that stubble burning poses to soil quality, health, and agricultural productivity if such farmers persist. Keeping soil organic matter, which is critical for both natural ecosystems

and agricultural systems due to its role in sequestering greenhouse gases, is imperative for enhancing productivity and ensuring the sustainability of nutritious food production. Therefore, it is advisable to establish and implement educational initiatives and appropriate regulations aimed at persuading farmers to discontinue the practice of stubble burning.

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.

Acknowledgements

We thank to the Scientific Research Projects Management Unit (BAPYB) of Gaziantep University that supported our research (project number is FEF.YLT.19.39). We extend our special thanks to Eren Sarcıhan and Nilgün Kalkancı from Pistachio Research

Institute for their help during laboratory studies.

References

- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: A.G. Norman (Ed), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy Inc., Maddison, pp.1379–1396.
- Amézqueta, E., 1999. Soil aggregate stability: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2–3): 83–151.
- Anonymous, 2022. International Union of Soil Sciences (IUSS), World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System For Naming Soils and Creating Legends For Soil Maps (4th ed.), (https://www.isric.org/sites/default/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf), (Accessed: 10.06.2024).
- Anonymous, 2024a. The Fields of Agriculture. Ministry of Treasury and Finance. Turkish Statistical Institute (TÜİK). (<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>), (Accessed: 10.05.2024).
- Anonymous, 2024b. Climate Assessment for 2023. Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, General Directorate of Meteorology, (<https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf>), (Accessed: 24.04.2024).
- Arunrat, N., Sreenonchai, S., Sansupa, C., Kongsurakan, P., Hatano, R., 2023. Effect of rice straw and stubble burning on soil physicochemical properties and bacterial communities in Central Thailand. *Biology*, 12(4): 501.
- Bahşi, K., Ustaoglu, B., Aksoy, S., Sertel, E., 2023. Estimation of emissions from crop residue burning in Türkiye using remotely sensed data and the Google Earth Engine platform. *Geocarto International*, 38(1): 2157052.
- Bozgeyik, T., Çimrin, K.M., 2020. Gaziantep ili Nizip ilçesi antepfıstığı ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 3(3): 722–732.
- Braschi, I., Ciavatta, C., Giovannini, C., Gessa, C., 2003. Combined effect of water and organic matter on phosphorus availability in calcareous soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67(1): 67–74.
- Can, A., Dogan, K., 2017. Determination of some microbial activity in soil managed with stubble burned-unburned, traditional and no-tillage systems. *Scientific Papers-Series a-Agronomy*, 60: 29–35.
- Çelik, A., Sakin, E.D., Sakin, E., Seyrek, A., 2017. Surface carbon stocks of soil under pistachio cover on Southeastern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3): 747–758.
- Daroch, R.K., Dang, Y.P., McKenna, B., Robinson, N., Finn, D., Page, K., Reeves, S., Dalal, R.C., 2024. Biotic relationships to aggregation in a Vertisol under long-term no-till, stubble retention and nitrogen fertilization. *Applied Soil Ecology*, 195: 105260.
- Demir, M., Aslan, P., Tunç, E., 2024. Investigation of the effect of nanoparticle polystyrene on soil urease and catalase enzyme activities in pistachio and olive orchards of Nizip. *12. International Summit Scientific Research Congress*, Conference Proceedings Book, May 29-31, Gaziantep, pp. 1121–1127.
- Demir, M., Tunç, E., Thiele-Bruhn, S., Çelik, Ö., Tsegai, A.T., Aslan, N., Arslan, S., 2023. Status, sources and assessment of potentially toxic element (PTE) contamination in roadside orchard soils of Gaziantep (Türkiye). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20: 2467.

- Ghosh, A., Ghosh, S., Faris, P. 2023. Alleviating adverse implications of soil compaction and stubble burning on sustainable maize production with 'Conservation Agriculture' protocols. *International Journal of Plant Production*, 17(3): 607–616.
- Halder, M., Ahmad, S.J., Rahman, T., Joardar, J.C., Siddique, M.A B., Islam, M.S., Islam, M.U., Liu, S., Rabbi, S., Peng, X., 2023. Effects of straw incorporation and straw-burning on aggregate stability and soil organic carbon in a clay soil of Bangladesh. *Geoderma Regional*, 32: e00620.
- Hartemink, A.E., Barrow, N.J., 2023. Soil pH - nutrient relationships: The diagram. *Plant and Soil*, 486: 209–215.
- Helmke, P.A., Sparks, D. L., 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. 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 (Ed), *Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series no:5, Maddison, pp. 551–574.
- Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez-Ugalde, O., Karlen, D.L., 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. *Soil and Tillage Research*, 107(1): 17–25.
- Jamali, M., Bakhshandeh, E., Khanghahi, M.Y., Crecchio, C., 2021. Metadata analysis to evaluate environmental impacts of wheat residues burning on soil quality in developing and developed countries. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11): 6356.
- Jamovi Project. (2023). Jamovi (Version 2.4) (Computer Software). Retrieved from <https://www.jamovi.org>. (Accessed :29.07.2023).
- Jiménez-Pinilla, P., Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Delgado, R., Martín-García, J.M., Lozano, E., Martínez-Zavala, L., Jordán, A., 2016. Advances in the knowledge of how heating can affect aggregate stability in Mediterranean soils: A XDR and SEM-EDX approach. *Catena*, 147: 315–324.
- Kaçar, B., 2016. Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri 3: Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Nobel Kitap, Ankara.
- Karaduman, A., Çimrin, K.M., 2016. Gaziantep yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2): 117–129.
- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18(1): 116–126.
- Kirkby, C.A., Fattore, A., 2006. Effect of Rice Stubble Burning on Soil Health. RIRDC Publication No W05/195. Canberra.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259–263.
- Kumar, A., Kushwaha, K.K., Singh, S., Shivay, Y.S., Meena, M.C., Nain, L., 2019. Effect of paddy straw burning on soil microbial dynamics in sandy loam soil of Indo-Gangetic plains. *Environmental Technology and Innovation*, 16: 100469.
- Le Bissonnais, Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47: 425–437.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. 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 (Ed), *Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series no:5, Maddison, pp. 961–1010.

- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, 939: 1–19.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: A.L. Page, R.H. Miller, D. R. Keeney (Ed). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy Inc., Maddison, pp.404–430.
- Palta, P., Kaur, P., 2024. Stubble burning effect on soil's dielectric behavior: An exploration of machine learning-based modelling approaches. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 33(6): 737–757.
- Pizer, N.H., 1967. Some divisory aspects soil potassium and magnesium. *Tech. Bull.*, 14: 184–189.
- Preesong, J., Yampracha, S., 2022. Changes in soil properties of Bangkok soil series from rice stubble burning. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(2): 733–744.
- abenhorst, M.C., 1988. Determination of organic and carbonate carbon in calcareous soils using dry combustion. *Soil Science Society of America Journal*, 52(4): 965–968.
- RCoreTeam. 2022. A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) (Computer software). Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2023-04-07), (Accessed: 29.02.2023).
- Resende, J.C.F., Markewitz, D., Klink, C.A., da Bustamante, M.M.C., Davidson, E.A., 2011. Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: Impacts of frequent burning. *Biogeochemistry*, 105(1): 105–118.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. United States Department of Agriculture Handbook No. 60., Washington, DC.
- Rohošková, M., Valla, M., 2004. Comparison of two methods for aggregate stability measurement - A review. *Plant, Soil and Environment*, 50(8): 379–382.
- Roper, M.M., Kerr, R., Ward, P.R., Micin, S.F., Krishnamurthy, P., 2021. Changes in soil properties and crop performance on stubble-burned and cultivated water-repellent soils can take many years following reversion to no-till and stubble retention. *Geoderma*, 402(5): 115361.
- Schjønning, P., 2023. Straw management in small grain cereal crop production – The long-term effects on soil carbon and soil pore characteristics. *Geoderma*, 435: 116499.
- Şimşek Semercioğlu, T., Bayram, C.A., Büyük, G., Akça, E., Kalkancı, N., 2023. The effect of altitude on soil organic carbon content in semi- arid mediterranean climate. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7(1): 192–196.
- Soto, B., Basanta, R., Perez, R., Diaz-Fierros, F., 1995. An experimental study of the influence of traditional slash-and-burn practices on soil erosion. *Catena*, 24(1): 13–23.
- Thomaz, E.L., 2017. High fire temperature changes soil aggregate stability in slash-and-burn agricultural systems. *Scientia Agricola*, 74(2): 157–162.
- Thomaz, E.L., 2018. Interaction between ash and soil microaggregates reduces runoff and soil loss. *Science of the Total Environment*, 625: 1257–1263.
- Thomaz, E.L., 2021. Effects of fire on the aggregate stability of clayey soils: A meta-analysis. *Earth-Science Reviews*, 221: 103802.
- Tunç, E., Çelik, M.A., Gülersoy, A.E., 2012. Investigation of the phenology of pistachio (*Pistacia vera* L.) on different soil types using MODIS NDVI data. *International Journal of Scientific Research*, 2(12): 231–237.

- Tunç, E., Demir, M., 2021. Investigation of total carbon and nitrogen content of Gaziantep agricultural soils. *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, 6(2):13–22.
- Tunç, E., Iserloh, T., Gülmezyüz, Ş., 2014. Soil erosion mapping by application of RUSLE and GIS-technology in the Gaziantep Province of Turkey/Southeastern Anatolia. *GIS Trends*, 4(1): 1–10.
- Tunç, E., Könez, Y., Çelik, Ö., Demir, M., 2022. Investigation of alkali phosphatase enzim activity of Gaziantep agricultural soils. *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, 7(2): 76–87.
- Tunç, E., Özkan, A., Çelik, M.A., 2013. Determination of the K-Factor of arable land in Yavuzeli and Araban/Gaziantep Province. *The Journal of International Social Research*, 6(28): 432–440.
- Tunç, E., Tekin, M.S., Demir, M., Tsegai, A.T., 2020. Halophytic species in natural areas close to agricultural areas of Araban (Gaziantep, Turkey). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 9: 48–58.
- Tunç, E., Tsegai, A. T., Çelik, S., 2021. Analysis of spatial-temporal changes of agricultural land use during the last three decades in the araban district of turkey using remote sensing. *Geomatics and Environmental Engineering*, 15(1): 111–123.
- Tütmez, B., 2024. Identifying electrical conductivity in topsoil by interpretable machine learning. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(2): 1869–1881.
- Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1):29–38.
- Wu, Y., Pae, L.M., Gu, C., Huang, R., 2023. Phosphorus chemistry in plant ash: Examining the variation across plant species and compartments. *ACS Earth and Space Chemistry*, 7(11): 2205–2213.
- Xie, J., Gao, J., Cao, H., Li, J., Wang, X., Zhang, J., Meng, H., Hong, J., Li, T., Xu, M., 2024. Calcium carbonate promotes the formation and stability of soil macroaggregates in mining areas of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 23(3): 1034–1047.
- Yakupoğlu, T., Dindaroğlu, T., Akarsubaşı, O., Rodrigo-Comino, J., Cerdà, A., 2024. Evaluation of the use of direct seeding system instead of stubble burning as a main cause of possible wildfire. In: J. Rodrigo-Comino, L. Salvati (Ed), *Fire Hazards: Socio-Economic and Regional Issues*, Springer Cham, e-Book, pp.17–28.
- Yakupoğlu, T., Dindaroğlu, T., Rodrigo, J., Cerdà, A., 2022. Stubble burning and wildfires in Turkey considering the sustainable development goals of the United Nations. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11(1): 66–76.
- Yıldırım, A., 2023. The stubble burning problem in sustainable agriculture. *International Journal of Innovative Engineering Applications Journal*, 7(1): 3–8.
- Young, S.D., 2013. Chemistry of heavy metals and metalloids in soils. (Ed: B.J. Alloway). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils*. Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp. 51-95.

To Cite

Demir, M., Tunç E., Çelik, Ö., Aslan, N. 2025. Effects of Stubble Burning on Selected Physical and Chemical Properties in Alkaline Agricultural Soil. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 107-117.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14582808>.



The Effects of Prechilling, Chemical and Physical Scarification and Preheating Shock on Seed Germination in *Capparis spinosa*

Solmaz NAJAFI ^{1*}, Sebahattin ÖZCAN ², Mehdi TAJBAKHSH ³

¹ Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Van

² Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ankara

³ Urmia University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Production and Genetics, Urmia

*Corresponding author: solmaznajafi@yyu.edu.tr

Abstract

This study evaluated various seed treatments to identify optimal methods for enhancing the germination of *Capparis spinosa* (*C. spinosa*) seeds. Four treatments were tested: (1) sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour; (2) soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4°C for 24 hours; (3) soaking in water for 4 hours, chilling at -10°C for 7 days, and GA₃ treatment for 1 hour; (4) soaking in hydrochloric acid (37%) for 6 hours followed by GA₃ treatment for 1 hour. A completely randomized design with three replicates was used. Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences in germination percentage, mean germination time (MGT) at the 0.05 level, and germination rate index (GRI) at the 0.01 level. Treatments 1, 3, and 4 resulted in the highest germination percentages of 73%, 71%, and 73%, respectively, while Treatment 2 had the lowest at 51%. For MGT, Treatments 1, 2, and 3 ranked highest with values of 7.53, 7.38, and 7.21 days, respectively, whereas Treatment 4 ranked lowest at 8.4 days. The highest GRI values were observed in Treatments 1 and 3, with values of 4.89 and 5.14, respectively, and the lowest in Treatment 2 at 3.64. Results suggest that combining sulfuric acid scarification or chilling at -10 °C with GA₃ significantly enhances germination. These findings provide practical insights for improving the germination of *Capparis* seeds, beneficial for large-scale cultivation and conservation efforts.

Research Article

Article History

Received	:29.08.2024
Accepted	:30.09.2024

Keywords

Capparis
pretreatment
seed
germination
scarification

1. Introduction

Caper (*Capparis spinosa* L.), a member of the Capparidaceae family, is widely recognized for its diverse applications in nutrition, pharmaceuticals, erosion control, and ornamental purposes (Coşge et al., 2005). The flower buds of caper are highly valued commercially, containing significant amounts of essential nutrients, including 67 mg of calcium, 65 mg of iron, 9 mg of zinc, and 24.01 g of protein per 100 g of dry weight. Typically pickled, caper buds are incorporated into salads, vegetarian dishes like izas, and various meat-based meals. Caper buds are known for their antioxidant properties, with specific

chemical compounds that actively suppress cancer cells and mitigate damage from carcinogenic agents. Following studies by the International Agency for Research on Cancer, caper extracts have been utilized in antitumor treatments (Akgül, 1996, Kara et al., 1996). Additionally, certain compounds in caper exhibit diuretic and antihypertensive effects, while substances in its seeds contribute to the enhancement of liver, spleen, and kidney functions, as well as the management of conditions such as asthma and hemorrhoids. The fruits of caper possess analgesic properties, and its bark contains anti-inflammatory agents (Tansi et al., 1997). (Figure 1)



Figure 1. *C. spinosa* flower (a); *C. spinosa* seeds (b)

Caper is considered endemic to the Mediterranean region but is also cultivated in regions along the Atlantic coast, including the Canary Islands, Morocco, Spain (particularly Almeria, Granada, and the Balearic Islands), France (Provence), Italy, Greece, Cyprus, Turkey, and Iran under both cultivated and natural rainfall conditions (Zohary, 1959; Soyler and Khawar, 2007). Historically, caper has been valued for its medicinal and aromatic qualities, with uses that reduce bloating, exhibit anti-rheumatic effects, support liver protection, and serve as treatments for arteriosclerosis, anemia, arthritis, and gout (Gülyüz et al., 2009). Capers are also known for their diuretic and antiseptic properties, making them useful as tonics for kidney health.

Caper plants can propagate from seeds or stem cuttings; however, both methods present challenges that limit the commercial expansion of this valuable crop (Bhojar et al., 2010). Seed dormancy is a common occurrence in the plant life cycle, and several structural components contribute to dormancy in caper seeds (Rao et al., 1976). There are two primary dormancy mechanisms: embryonic dormancy and coat-imposed dormancy. In caper, dormancy is generally not attributed to embryonic dormancy, as partial removal of seed coat structures, scoring, or perforating the seed coat has proven effective in stimulating germination (Sozzi and Chiesa, 1995). Although caper seeds can germinate, they typically do so at low rates (1-2%), and dormancy intensifies with seed drying,

presenting a significant obstacle to natural germination (Olmez et al., 2004). The hard seed coat forms an external barrier that restricts oxygen diffusion to the embryo, thereby maintaining dormancy (Soyler and Khawar, 2007).

Pre-chilling, scarification, and treatments with gibberellic acid (GA₃) or nitric acid (KNO₃) are commonly employed to improve germination rates in dormant caper seeds. Various approaches have shown success in enhancing germination percentages, including combinations of gibberellic acid and KNO₃ (Perez et al., 2002; Puppala and Fowler, 2003), sulfuric acid (H₂SO₄) pretreatment (Kara et al., 1996), H₂SO₄ combined with GA₃ (Sozzi and Chiesa, 1995), and warm water followed by chilling (Kontaxis, 1997).

Due to the high demand for caper seedlings, research has focused on refining propagation techniques. Seed propagation remains the most straightforward method for cultivating capers; however, it is constrained by issues such as low germination rates, variability in fruit quality, and high genetic diversity, which can affect commercial productivity. During germination, seed mucilage can obstruct oxygen diffusion to the embryo, forming a barrier to successful sprouting. Additionally, dried seeds enter a dormant state that hinders germination, requiring specific treatments to break this dormancy (Al-Oudat, 2008; Coskun and Yaman, 2024).

Recent studies have investigated various combinations of scarification, seed soaking, GA₃ pretreatments, and temperature regimes to address these challenges. For instance, Chiboub et al. (2024) tested treatments under two temperature conditions: T₁ (9/35.7 °C in the laboratory) and T₂ (1/43 °C in the greenhouse). Their findings revealed the highest germination rate (68.33%) for control seeds in the laboratory setting, with both pretreatments and temperature regimes applied.

Despite extensive research on the effects of acids on seed germination rates in agricultural and ornamental plants, studies on medicinal species like *C. spinosa* L. remain limited.

Additionally, current literature lacks detailed data on key germination metrics, such as germination percentage, mean germination time, and germination rate index, particularly for medicinal plants. This study hypothesizes that targeted chemical and mechanical scarification treatments can effectively break dormancy in *C. spinosa* seeds. By enhancing germination rates, this approach aims to address existing knowledge gaps and promote sustainable propagation techniques for this valuable medicinal species.

2. Material and Methods

The seeds used in this study were collected from the Kirikhan area of the Hatay Province, Türkiye. The experiments were conducted in the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ankara University. The experiments followed a completely randomized design with 14 treatments and 3 replications, resulting in a total of 4200 *Capparis* seeds. The seeds were first disinfected using 20% sodium hypochlorite for 30 minutes, followed by thorough washing with distilled water (3 times). The 14 treatments applied were as follows:

- a. Soaking in water for 24 hours
- b. Soaking for 12 hours, drying for 24 hours, then soaking for 12 hours
- c. Soaking for 4 hours, followed by pre-chilling for 24 hours at 4 °C
- d. Mechanical scarification
- e. Heat shock treatment
- f. Soaking in water at 40 °C for 4 hours
- g. Soaking in 0.02% KNO₃
- h. Soaking in 37% hydrochloric acid (HCl) for 6 hours, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour
- i. Soaking in sulfuric acid (H₂SO₄) for 1 hour, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour
- j. Soaking in water for 4 hours, then chilling at -10 °C for 7 days, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃)
- k. Treatment with 400 ppm indole-3-acetic acid (IAA) for 1 hour
- l. Exposure to 40 °C for 7 days
- m. Soaking in 1% NaCl solution for 12 hours
- n. Soaking in water for 48 hours

For each of these treatments, 300 seeds were used (100 seeds per replication), resulting in a total of 1200 seeds. In each replication, 100 treated seeds were placed in 9 cm Petri dishes.

2.1. Germination Conditions

Once the seeds have been pre-treated, they are placed under controlled environmental conditions in a growth chamber:

2.1.1. Temperature

The optimal temperature range for germination is typically between 25-30 °C. Studies suggest that *C. spinosa* seeds show improved germination at 25 °C under controlled conditions, although lower temperatures (e.g., 4 °C for chilling) might be used for stratification.

2.1.2. Light Intensity

Moderate light intensity is ideal, with a photoperiod of 12-14 hours of light per day. This mimics natural conditions, where the seeds receive exposure to sunlight during the day.

2.1.3. Humidity

A relative humidity of 60-80% is generally maintained to prevent the seeds from drying out. Higher humidity helps maintain moisture content in the seeds, promoting the activation of enzymes responsible for seedling growth.

2.1.3. Watering

Seeds should be kept moist but not submerged, as over-saturation can lead to fungal growth or rotting, so, ten ml of distilled water was added to each petri dish. Seeds were observed daily and germinated seeds were counted until no further germination was observed for two consecutive days. Seeds were considered germinated when the seedling length reached 2 mm (Nichols and Heydecker, 1968). At the end of the experiment, the following indices were measured:

a. 2.2. Germination Percentage (GP)

The percentage of germinated seeds was calculated using the following formula (Hartmann and Kester, 1983; Camberato and Mccarty, 1999)

$$\%GP = \frac{\sum G}{N} \times 100$$

Where:

G: the number of germinated seeds.

N: the total number of seeds.

2.3. Mean Germination Time (MGT)

This index was calculated using the formula by Nichols and Heydecker (1968)

$$MGT = \frac{\sum (nt)}{\sum n}$$

Where:

N = number of germinated seeds each day

T = number of days corresponding to each count

2.4. Germination Rate Index (GRI)

The GRI was calculated using the formula by Throneberry and Smith (1955):

$$RI = \frac{\sum Ni}{\sum Ti}$$

Where:

Ni = number of germinated seeds on day i

Ti = total time (number of days) from the start of the experiment

The results were statistically analyzed using SPSS software, applying a completely randomized design. The means were compared using Duncan's Multiple Range Test at a 5% significance level (SPSS, 2016).

3. Results and Discussion

The preliminary experiment revealed that

10 out of the 14 treatments applied had negative effects on seed germination, resulting in complete seed burning (Figure 2; Table 1).

Table 1. Preliminary experiment results of different treatments on *C. spinosa* seeds

Treatment	Result
a Soaking in hot water for 24 hours	Burned
b Soaking for 12 hours, drying for 24 hours, then soaking for 12 hours	Burned
c Soaking for 4 hours, followed by pre-chilling for 24 hours at 4 °C	Germinated
d Mechanical scarification	Burned
e Heat shock treatment	Burned
f Soaking in water at 40 °C for 4 hours	Burned
g Soaking in 0.02 % KNO ₃	Burned
h Soaking in 37% hydrochloric acid (HCl) for 6 hours, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA ₃) for 1 hour	Germinated
i Soaking in sulfuric acid (H ₂ SO ₄) for 1 hour, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA ₃) for 1 hour	Germinated
j Soaking in water for 4 hours, then chilling at -10 °C for 7 days, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA ₃)	Germinated
k Treatment with 400 ppm indole-3-acetic acid (IAA) for 1 hour	Burned
l Exposure to 40 °C for 7 days	Burned
m Soaking in 1% NaCl solution for 12 hours	Burned
n Soaking in water for 48 hours	Burned

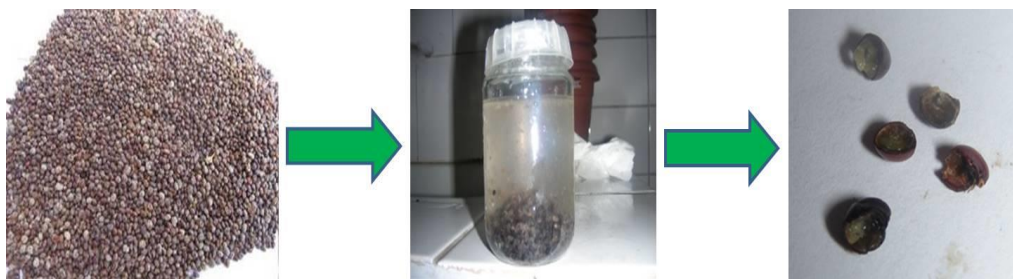


Figure 2. Seed burning due to different treatments in the preliminary experiment.

Based on these results, only four treatments were selected for the main experiment and further statistical analysis:

Treatment (T₁)

Soaking in sulfuric acid (H₂SO₄) for 1 hour, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour

Treatment (T₂)

Soaking in water for 4 hours, followed by chilling at 4 °C for 24 hours

Treatment (T₃)

Soaking in water for 4 hours, followed by chilling at -10°C for 7 days, and treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃)

Treatment (T₄)

Soaking in 37% hydrochloric acid (HCl) for 6 hours, followed by treatment with 250 ppm gibberellic acid (GA₃). Several treatments were excluded due to their detrimental effects on *C. spinosa* seeds. For instance, soaking in water for 24 hours (Treatment 1), followed by a drying and re-soaking process (Treatment 2),

caused the seeds to burn, likely due to the prolonged soaking and lack of additional pre-treatment measures. Similarly, mechanical scarification (Treatment 4) and heat shock treatment (Treatment 5) both resulted in burned seeds, indicating that these methods caused severe damage. Soaking in water at 40 °C for 4 hours (Treatment 6) and in a 1% NaCl solution (Treatment 13) also led to seed burning, possibly from excessive heat and salinity stress, which impaired the seeds' viability. The 400-ppm indole-3-acetic acid (IAA) treatment (Treatment 11) produced similar results, causing burning, which suggests that this auxin concentration was too high for the seeds. Finally, exposing seeds to 40 °C for 7 days (Treatment 12) caused irreversible damage, while soaking in water for 48 hours (Treatment 14) led to burning, likely due to prolonged soaking without the benefit of other treatments to protect the seeds. Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences in germination percentage, mean germination time at the 0.05, and germination rate index at the 0.01 levels. (Table 2).

Table 2. Analysis of variance on percentage of germination, mean germination time and germination rate index of Capparis seed

Source of variation	Df	Means of squares		
		Percentage of germination	Mean germination time	Germination rate index
Treatments	3	323*	0.842*	1.571**
Error	8	51.25	0.072	0.025

*: significant at P < 0.05 **: significant at P < 0.01

Comparison of means for measured properties in Capparis seeds was done based on Duncan's Multiple Range Test (Table 3, Figure 3).

Table 3. The means comparison for different treatments based on duncan's multiple range test

Treatment	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Index ¹				
Percentage of germination	71 <i>a</i>	51 <i>b</i>	73 <i>a</i>	59 <i>ab</i>
Mean germination time	7.53 <i>a</i>	7.38 <i>a</i>	7.21 <i>a</i>	8.4 <i>b</i>
Germination rate index	4.89 <i>a</i>	3.64 <i>c</i>	5.14 <i>a</i>	3.95 <i>b</i>

Treatment with sulfuric acid for 1h + 250 ppm gibberellic acid for 1h; T₂: soaking in water for 4h+ chilling at 4 °C for 24h; T₃: soaking in water for 4h then chilling (Chilling

at -10 °C for 7days) + treatment with 250 ppm gibberellic acid for 1h; T₄: soaking in chloridric acid 37% + treatment with 250 ppm gibberellic acid.

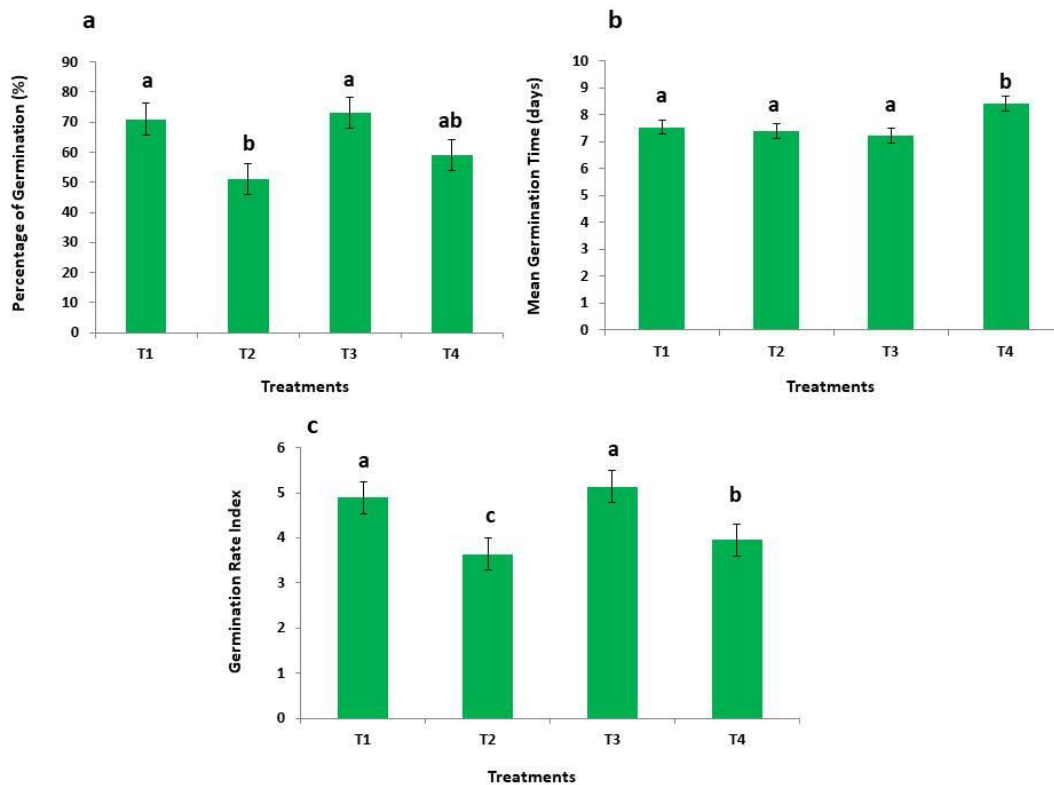


Figure 3. The effects of different treatments (T₁, T₂, T₃, and T₄) on Percentage of Germination (a), Mean Germination Time (b) and Germination Rate Index (c) of *Capparid* Seeds.

The effects of different treatments (T₁, T₂, T₃, and T₄) on seed germination of *C. spinosa* across three parameters: (a) Percentage of Germination, (b) Mean Germination Time (MGT), and (c) Germination Rate Index (GRI). Data indicate that Treatments T₁, T₂ and T₄ resulted in the highest germination percentages, while Treatment T₂ showed significantly lower germination. Treatments T₁, T₃ exhibited the shortest MGT, while Treatment T₄ had the longest. Regarding GRI, Treatments T₁ and T₃ led to the highest values, highlighting their effectiveness in promoting seed vigor. Statistical significance was determined using ANOVA at the 0.05 and 0.01 levels for germination percentage, MGT, and

GRI. The highest germination percentage was observed with the treatments of sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour, soaking in water for 4 hours followed by chilling at -10 °C for 7 days, and the GA₃ treatment for 1 hour. The lowest germination percentage was observed in the treatment of soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours (Figure 3a). Regarding mean germination time, the treatments with sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour, soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours, and soaking in water for 4 hours, chilling at -10 °C for 7 days, and GA₃ treatment

for 1 hour ranked the highest, while the lowest was in the treatment with hydrochloric acid (37%) for 6 hours followed by GA₃ treatment for 1 hour (Figure 3b). As for the germination rate index, the highest values were obtained from the treatments with sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour and soaking in water for 4 hours, chilling at -10°C for 7 days, and GA₃ treatment for 1 hour, while the lowest value was observed in the treatment of soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours (Figure 3c). Seed germination of *C. spinosa* L. is highly important for ecology, medicine, and economics. For this reason, various researchers have conducted numerous studies on the effects of different pre-treatments and temperature regimes, as well as pre-treatments such as physical and chemical scarification, to facilitate the germination of Capparis seeds, which typically have germination challenges. These studies primarily aim to break seed dormancy, enhance water absorption capacity, and soften the seed coat using various priming techniques. In the current study as shown in Table 3, all sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm gibberellic acid (GA₃) for 1 hour, soaking in water for 4 hours, chilling at -10 °C for 7 days, and GA₃ treatment for 1 hour and soaking in hydrochloric acid (37%) for 6 hours followed by GA₃ treatment for 1 hour treatments statistically resulted in the highest germination percentage, which in germination percentage in this level also soaking in water for 4 hours, chilling at -10 °C for 7 days, and GA₃ was the higher than the other ones (%73). The lowest germination percentage related to the soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours. In the mean germination time, all three treatments including sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm GA₃ for 1 hour, soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours, and soaking in water for 4 hours, chilling at -10 °C for 7 days, and GA₃ treatment for 1 hour treatments statistically rank one, which in mean germination time in this level also sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm GA₃ for 1 hour was the

higher than the other ones (7.53 days). The lowest value is observed in soaking in hydrochloric acid (37%) for 6 hours followed by GA₃ treatment for 1 hour. And for germination rate index, the highest value obtained from both treatments sulfuric acid (98%) for 1 hour followed by 250 ppm GA₃ for 1 hour (4.89) and soaking in water for 4 hours, chilling at -10 °C for 7 days, and GA₃ treatment for 1 hour (5.14) and the lowest value was in soaking in water for 4 hours followed by chilling at 4 °C for 24 hours treatment. These results are consistent with the findings of Soyler and Khawar (2006), who reported that treatment of *C. spinosa* seeds with 100 ppm GA₃ for 24 hours enhances germination. Similarly, our results align with Fivaz (1971) and Pfister (1974), who demonstrated that soaking *Ribes rotundifolium* seeds in 1N sulfuric acid for 35 minutes improves germination. However, their studies did not examine the combined effect of sulfuric acid treatment and GA₃, which is a key factor in the present research. Chiboub et al. (2024) studied the effect of gibberellic acid (GA₃) and temperature on *C. spinosa* seed germination and reported different results. In their study, various pretreatments, including scarification and seed imbibition in water and gibberellic acid, were tested. Their findings showed that the highest germination rate (68.33%) occurred in control seeds, which contradicts the present study. Additionally, they observed lower germination rates for seeds soaked in water or GA₃ solutions (e.g., 58.33% for seeds soaked in water for 48 hours and 56.67% for seeds soaked in 200 ppm GA₃). In contrast, the lowest germination rate (12.86%) was recorded for seeds soaked in 600 ppm GA₃ under greenhouse conditions. Their results also indicated that seed germination latency was reduced after soaking the seeds in water for 24 hours, which is similar to the findings of the current study, where the germination time was shorter for seeds pretreated with water. In contrast, our study observed that the best results were achieved with specific treatments such as sulfuric acid followed by gibberellic acid, which provided higher germination rates compared to water soaking or other GA₃

treatments. This highlights the complexity of *C. spinosa* seed germination, where different pre-treatments, including acid scarification and GA₃, interact with environmental factors such as temperature and incubation duration. Thus, seed germination of *C. spinosa* is influenced by multiple factors that may vary across different studies, such as treatment types and temperature regimes. Our findings are also in agreement with Seifi et al. (2014), who reported that pre-treatment of Capparis seeds resulted in higher germination rates compared to untreated seeds. Similarly, Orphanos (1983) found that gibberellic acid significantly enhanced germination rates, and soaking seeds in water for 24 hours slightly reduced the lag period. In line with our results, Suleiman et al. (2008) reported that a combination of treatments—scratching seeds with 1% H₂SO₄ for 20 minutes, followed by 0.04% GA₃ and chilling at 4 °C for one week had a positive effect on *C. spinosa* seed germination.

The observed optimal germination at laboratory temperatures (10–30 °C), supported by Lebafi (2018), further strengthens our findings. The germination process in *C. spinosa* seeds appears to be influenced by a series of factors, including membrane permeability, associated protein activity, and cytosolic enzyme activity, as described by Bewley and Black (2013). Moreover, other factors such as plant genotype, culture medium composition, plant growth regulators (PGRs), seed coat characteristics, pre-treatment methods, culture conditions (Mezri et al., 2022), and seed storage duration (Fuschi et al., 2022) have also been shown to impact seed germination in various species. Finally, it is worth mentioning that different treatments may interact in ways that alter germination outcomes, as evidenced by the study of gamma irradiation by Ngoenngam et al. (2019), which enhanced seed germination and seedling growth. These findings further support the idea that seed germination of *C. spinosa* is a complex process, influenced by both external treatments and intrinsic seed characteristics.

4. Conclusion

The present study emphasizes the significance of pre-treatment and temperature conditions in enhancing the germination rate and overcoming the dormancy of *C. spinosa* seeds. The findings demonstrate that germination can be improved by pre-treating seeds and exposing them to temperatures ranging from 4 °C to -10 °C, which are optimal for breaking dormancy, boosting germination capacity, and ensuring uniformity in germination. To further enhance the germination rate, exploring additional hormonal treatments may be beneficial. In conclusion, this study offers valuable insights for farmers, providing practical methods to improve the germination rate of *C. spinosa* seeds, with potential economic and environmental benefits.

Acknowledgement

This manuscript is a part of the first author's master of science thesis at Ankara University.

References

- Al-Oudat, M., 2008. Capers. Salt Tolerant Plants of Syria. *AECS Publications*, 75-80.
- Akgül, A., 1996. Rediscovered flavor: Caper (*Capparis* spp.). *Food*, 21(2): 119-128.
- Aktan, N., Bilgir, B., Elgin, E., 1981. A study on pickling and preserving caper flowers. *Journal of Ege University Faculty of Agriculture*, 18(1): 259-273.
- Bewley, J.D., Black, M., 2013. *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science & Business Media.
- Bhoyar, M.S., Mishra, G.P., Singh, R., Singh, S.B., 2010. Effects of various dormancy breaking treatments on the germination of wild caper (*Capparis spinosa*) seeds from the cold arid desert of trans-Himalayas. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 80(7): 621.

- Camberato, J., Mccarty, B., 1999. Irrigation water quality: part 1. Salinity. South Carolina Turfgrass Foundation New. 6(2): 6-8.
- Chiboub, B., Maatougui, A., Aboukhalid, K., Otouya, S., Zarqi, F., Nazih, A., Baghour, M., 2024. Effect of gibberellic acid (GA₃) and temperature on seed germination of *Capparis spinosa* L. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(1): 12-16.
- Coşge, B., Gürbüz, B., Söyler, D., Şekeroğlu, N., 2005. Cultivation and importance of caper (*Capparis* spp.) (Review). *Journal of Plant Research*, 2: 29-35.
- Coskun, Y., Yaman, V., 2024. Enhancing phenolic compounds in caper through the incorporation of polyamines in *In Vitro* cultures from various explant sources. *South African Journal of Botany*, 165: 43-48.
- Güleryüz, M., Özkan, G., Ercisli, S., 2009. Caper (*Capparis* spp.) growing techniques and economical importance. In 1st International Symposium on Sustainable Development, Sarajevo, pp. 94-97.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., 1983. Plant propagation: principles and practice. New Jersey: Prentice Hall.
- Fivaz, A.E., 1931. Longevity and germination of seeds of *Ribes*, Particularly *R. rotundifolium*, under Laboratory and natural conditions, *USDA Technical Bulletin* No, 261.40p.
- Foschi, M.L., Juan, M., Pascual, B., Pascual-Seva, N., 2022. The imbibition, viability, and germination of caper seeds (*Capparis spinosa* L.) in the first year of storage. *Plants*, 11(2): 202.
- IBM Corp., 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kara, Z., Ecevit, F., Karakaplan, S., 1996. Caper (*Capparis* spp.) as a soil conservation element and a new agricultural product. Agriculture-Environment Relations Symposium, Mersin, pp. 919-929.
- Kontaxis, D.G., 1997. Caper: Specialty and Minor Crops Handbook. Small Farm Center, University of California, Davis.
- Labbafi, M.R., Mehrafarin, A., Naghdibadi, H., Ghorbani, M., Tavakoli, M., 2018. Investigating the effect of various chemical and non-chemical treatments break dormancy galbanum seeds. *Ferula gummosa* Boiss. *Ecophytochemistry journal of Medicinal Plants*, 6 (2): 80-88.
- Mazri, M.A., Koufan, M., Moussafir, S., Essatte, A., Belkoura, I., 2022. Recent advances in argan propagation: a review. *Trees*, 36(5): 1455-1476.
- Ngoenngam, L., Pongtongkam, P., Arananant, J., Poeaim, S., Poeam, A., 2019. *In vitro* effect of gamma irradiation and plant growth regulators (PGRs) for induction and development of *Stylosanthes hamata* cv. Verano. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(1): 63-74.
- Nichols, M.A., Heydecker, W., 1968. Two approaches to the study of germination data. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 33: 531-40.
- Olmez, Z., Yahyaoglu, Z., Ucler, A.O., 2004. Effects of H₂SO₄, KNO₃, and GA₃, treatments on germination of caper (*Capparis ovata* Desf.) seeds. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7: 879-882.
- Orphanos, P.I., 1983. Germination of caper (*Capparis spinosa* L.) seeds. *Journal of Horticultural Science*, 58(2): 267-270.
- Perez, C., Pérez-García, F., Fernández, H., Revilla, M.A., 2002. The levels of GA₃ and GA₂₀ may be associated with dormancy release in *Onopordum nervosum* seeds. *Plant Growth Regulation*, 38: 141-143.
- Pfister, R.D., 1974. *Ribes* L. Currant, gooseberry. In: Schopmeyer CS, Coordinator. Seeds of woody plants in the United States, Washington (DC): USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 450. pp. 720-727.

- Puppala, N., Fowler, J. L., 2003. *Lesquerella* seed pretreatment to improve germination. *Industrial Crops and Products*, 17(1): 61-69.
- Soyler, D., Khawar K.M., 2006. Effects of Prechilling, Scarification, Incubation Temperature, Photoperiod, KNO₃ and GA₃ Treatments on Germination of Caper (*Capparis ovata* Desf. Var. Palaestina Zoh.) Seeds. *Propagation of Ornamental Plants*, 6:159-164.
- Soyler, D., Khawar, K.M., 2007. Seed germination of caper (*Capparis ovata* var. Herbacea) using α naphthalene acetic acid and gibberellic acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(1): 35-38.
- Sozzi, G.O., Chiesa, A., 1995. Improvement of caper (*Capparis spinosa* L.) seed germination by breaking seed coat-induced dormancy. *Scientia Horticulturae*, 62(4): 255-261.
- Suleiman, M.K., Bhat, N.R., Abdal, M.S., Jacob, S., Thomas, R.R., Al-Dossery, S., Bellen, R., 2009. Germination studies of *Capparis spinosa* L. *Propagation of Ornamental Plants*, 9(1): 35-38.
- Tansı, S., Çulcu, A., Nacar, Ş., 1997. Research on the germination of caper (*Capparis spinosa* L.) seeds. Turkey 2nd Field Crops Congress, Samsun, pp. 681-683.
- Throneberry, G.O., Smith F.G., 1955. Relation of respiratory enzymatic activity to corn seed. Viability. *Plant Physiology*, 30: 337-343.
- Zohary, M., 1960. The species of *Capparis* in the Mediterranean and the Near Eastern Countries. *Bulletin of the Research Council of Israel*, 8(2): 49-64.

To Cite

Najafi, S., Özcan, S., Tajbakhsh, M., 2025. The Effects of Prechilling, Chemical and Physical Scarification and Preheating Shock on Seed Germination in *Capparis spinosa*. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 118-128.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586268>.



Investigation of the Effects of Different Humic Acid Applications on Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Under Salt Stress

Aynur BİLMEZ ÖZÇINAR ^{1*}

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

*Corresponding author: aynurbilmez@siirt.edu.tr

Abstract

Salt stress negatively impacts plant development in various ways. Some of these adverse effects manifest as impaired root and seedling growth and a decrease in chlorophyll content. However, fertilization can mitigate this damage. In recent years, many organic fertilizers, such as humic acid, have become preferred over chemical fertilizers. This study was designed to investigate the effects of applying humic acid at different doses on the seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.) under salt stress conditions in laboratory conditions. In the study, rapeseed (Süzer) was subjected to four different salt doses (0 (control), 75 mM, 150 mM, 225 mM) along with six different humic acid doses (0 (control), 2 kg da⁻¹, 4 kg da⁻¹, 6 kg da⁻¹, 8 kg da⁻¹, 10 kg da⁻¹) applied from the soil. The research was conducted in a factorial experimental design with three replications. As a result of the study, it was observed that increasing salt doses led to decreases in chlorophyll content, plant height, stem thickness, root length, root thickness, as well as fresh and dry weights of the plants. Furthermore, increased doses of applied humic acid were noted to have a positive effect. It was determined that the highest salt dose (225 mM) had the most significant adverse effect on the seedling development of the plants. However, it was found that the 4th and 5th applications of humic acid (6 kg da⁻¹ and 8 kg da⁻¹) were more effective in reducing the effects of salt stress. The protective effects of humic acids on plants under salt stress are noteworthy. Research indicates that humic acids support plant growth and development under salty conditions and alleviate the negative effects of salt.

Research Article

Article History

Received	:05.09.2024
Accepted	:20.10.2024

Keywords

Rapeseed
humic acid
salt stress
seedling development

1. Introduction

Rapeseed (*Brassica napus* L.) is one of the important oilseed crops grown in Turkey. Its early harvest provides raw material during the low capacity period of oil mills and fodder factories, allowing them to increase their operating capacities. Also suitable for second crop cultivation in suitable regions (Başalma, 2004). Rapeseed has both winter and summer forms and contains 38-50% oil and 16-24% protein in its seeds. Short vegetation period, high seed and oil yield (342 kg da⁻¹), the possibility of mechanization of all cultivation stages from sowing to harvest, and preventing the dominance of weeds by developing early are advantages that make rapeseed an important oil crop (Arslan et al., 2007; Tunçtürk, 2008).

However, salinity is a problem that is widely observed and negatively affects plant production in Turkey (Gürsoy, 2024). Salt stress is a major abiotic stress factor that plants are constantly exposed to throughout their lives (Omidi et al., 2022). Salt stress, which has a negative effect on plant growth and development, varies especially according to the type of salt, the level of stress, the duration of exposure, the type and developmental stages of the stressed plant (Kereçin and Öztürk, 2024). Salinity, arid and semi-arid regions makes it difficult to plant production and causes yield losses (Yılmaz et al., 2011; Gürsoy, 2020; Gürsoy, 2022). Salt stress leads to a decrease in water in the soil through osmotic stress and results in excessive ion uptake (especially Na⁺ and Cl⁻) (Abogadallah, 2010). Additionally, the increase in sodium ions (Na⁺) in plant cells triggers the formation of reactive oxygen species (ROS). This leads to lipid peroxidation, membrane damage, nutrient imbalances, reduced photosynthetic activities, and enzymatic-metabolic disorders, ultimately resulting in plant death (Julkowska and Testerink, 2015; Khan et al., 2019). All of these factors negatively affect plant growth, leading to loss of yield and quality. Salt primarily increases osmotic pressure and causes ion stress, inhibiting protein synthesis

and chlorophyll formation at the cellular level, while also increasing the synthesis of reactive oxygen species that disrupt membrane functions. Furthermore, it hinders the uptake of certain plant nutrients, disrupts the continuity of photosynthesis, and causes metabolic toxicity, thus inhibiting plant development (Çulha and Çakırlar, 2011).

In recent years, the use of organic fertilizers in plant production has increased. The main reason for this is that incorrect fertilization practices over the years have led to soil salinization (Çebi et al., 2018). Salinity negatively affects canola production and causes yield loss. Besides its important role in human nutrition, canola is also used in the biofuel, cosmetic, health, and livestock sectors. Moreover, it is considered an alternative crop to help reduce the country's oil deficit (Uyanık et al., 2014). With the significant increase in canola cultivation areas and production in recent years, it has become necessary to determine the salt tolerance of canola.

Although various strategies exist to combat salinity, in recent years, plant growth regulators have begun to be used to reduce salt stress in plants and minimize the damage caused by salinity (Kaydan and Yağmur, 2006). Humic substances are naturally occurring, heterogenous materials ranging from yellow to black in color, with high molecular weight and resistance to degradation (Akıncı, 2011). They exhibit buffer solution properties over a wide pH range in the soil and make micro-nutrients more accessible to plants (Karaman et al., 2012). Humic acid applications increase soil aeration and water retention capacity, support the development and proliferation of soil microorganisms, and enhance plant resistance to stress conditions, diseases, and pests (İçel, 2005).

This study aims to examine the effects of humic acid applied at different doses on the seedling growth of canola plants under salt stress.

2. Material and Methods

The study was carried out in the climate cabinet of the Field Crops Laboratory of Siirt University Faculty of Agriculture. To the rapeseed plant (Süzer), 4 different salt doses (0 (control), 75 mM, 150 mM, 225 mM) and 6 different humic acid doses (0 (control), 2 kg da⁻¹, 4 kg da⁻¹, 6 kg da⁻¹, 8 kg da⁻¹, 10 kg da⁻¹) was applied through the soil. The experiment was set up in 72 pots with 3 replications in a factorial experimental design in randomized plots. 5 seeds were planted in each pot and thinning was done to leave 1 plant after germination and the applications were made to reach field capacity by taking into account the water given.

Rapeseed (Süzer) variety obtained from the Thrace Agricultural Research Institute was used as plant material in the study.

2.1. Humic acid content

Organic matter (55%), total (humic + fulvic) acid (65%), water-soluble potassium oxide (10%), maximum moisture (20%) and pH range (8-10). In the study, which was carried out as a pot trial, peat/perlite (3/1) mixture was filled into 1-liter plastic pots. Applications were started after 100% emergence was achieved.

2.2. Climate chamber features

It has features where the temperature can be adjusted between -20 °C and +40 °C, the

light intensity is 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, and the photoperiod (day night⁻¹) and humidity conditions can be adjusted as desired. For rapeseed cultivation, it was set to have an average temperature of 20±2 °C, 70% humidity and 16 hours of light and 8 hours of dark environment.

2.3. Statistical analysis

The data obtained within the scope of the research were subjected to analysis of variance using a factorial experimental design in randomized plots. Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test was employed for grouping the means. Statistical calculations were performed using the JMP program.

3. Results and Discussion

In terms of SPAD, a significant difference was found with respect to humic acid and salt application direction, but the interaction between salt and humic acid was insignificant. The highest SPAD was obtained from the control (46.58) application in terms of salt application direction, and the lowest was obtained from the 225 mM (36.41) salt application. In terms of humic acid application dose, the highest SPAD was obtained from the 6 kg da⁻¹ application with 45.18, and the lowest was obtained from the control and 10 kg da⁻¹ applications with 39.26 and 39.31, respectively (Table 1).

Table 1. Averages for the SPAD values of canola plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				Mean
	0	75	150	225	
0 kg da ⁻¹	41.70	41.00	40.33	34.00	39.26 c
2 kg da ⁻¹	45.33	43.67	41.67	37.00	41.92 bc
4 kg da ⁻¹	49.34	46.01	43.43	37.00	43.94 ab
6 kg da ⁻¹	52.01	48.05	42.33	38.33	45.18 a
8 kg da ⁻¹	46.34	44.02	40.50	37.00	41.97 bc
10 kg da ⁻¹	44.73	41.33	36.02	35.13	39.31 c
Mean	46.58 a	44.01 b	40.71 c	36.41 d	41.93
LSD Salt					2.62**
LSD Humic Acid					3.05**
LSD Salt x Humic Acid interaction					-
CV					8.86

** : p<0.01

In terms of plant height, a significant difference was found with respect to humic acid and salt application direction, but the interaction between salt and humic acid was insignificant. The highest plant height was obtained from the control application in terms of salt application direction, and the lowest

was obtained from the 150 mM salt application. In terms of humic acid application dose, the highest plant height was obtained from the 4 kg da⁻¹ application with 110.33 mm, and the lowest was obtained from the 10 kg da⁻¹ application with 87.51 mm (Table 2).

Table 2. Averages for the plant height of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				Mean
	0	75	150	225	
0 kg da ⁻¹	98.65	89.76	94.38	84.09	91.72 bc
2 kg da ⁻¹	121.27	107.67	86.61	97.56	103.28 abc
4 kg da ⁻¹	118.81	116.30	101.20	105.03	110.33 a
6 kg da ⁻¹	119.63	105.26	101.46	100.60	106.74 ab
8 kg da ⁻¹	103.83	101.62	81.10	89.21	93.94 bc
10 kg da ⁻¹	95.12	88.05	86.53	80.33	87.51 c
Mean	109.55 a	101.44 ab	91.88 b	92.80 b	98.92
LSD Salt					12.98*
LSD Humic Acid					15.9*
LSD Salt x Humic Acid interaction					-
CV					19.59

*: p<0.05

In terms of stem thickness, a significant difference was found regarding humic acid, salt application, and their interaction. The highest stem thickness was obtained from the control application (1.41 mm) in terms of salt application, and the lowest was obtained from the 225 mM salt application (0.86 mm). In

terms of humic acid application dose, the highest stem thickness was obtained from the 4 kg da⁻¹ (1.24 mm) and 6 kg da⁻¹ (1.28 mm) applications, and the lowest was obtained from the control (1.02 mm) and 10 kg da⁻¹ (1.03 mm) applications (Table 3).

Table 3. Averages for the stem thickness of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				Mean
	0	75	150	225	
0 kg da ⁻¹	1.13 f-1	1.10 g-1	1.04 1	0.81 k	1.02 c
2 kg da ⁻¹	1.45 b	1.17 f-h	1.05 1	0.89 jk	1.14 b
4 kg da ⁻¹	1.69 a	1.19 e-g	1.18 f-g	0.91	1.24 a
6 kg da ⁻¹	1.61 a	1.28 de	1.35 cd	0.86 jk	1.28 a
8 kg da ⁻¹	1.38 bc	1.20 ef	1.20 ef	0.86 jk	1.16 b
10 kg da ⁻¹	1.17 f-h	1.06 1	1.09 hi	0.80 k	1.03 c
Mean	1.41 a	1.17 b	1.15 b	0.86 c	1.15
LSD Salt					0.037**
LSD Humic Acid					0.045**
LSD Salt x Humic Acid interaction					0.09**
CV					4.87

** : p<0.01

In terms of leaf count, the difference was insignificant with respect to humic acid, salt application, and their interaction (Table 4). In terms of root length, a significant difference

was found with respect to salt and humic acid application direction. However, the interaction between salt and humic acid was insignificant. The highest root length was obtained from the

control application (21.15 mm) in terms of salt application direction, and the lowest was obtained from the 225 mM salt application (15.19 mm). In terms of humic acid application dose, the highest root lengths were obtained

from the 4 kg da⁻¹ (18.97 mm) and 6 kg da⁻¹ (18.83 mm) applications, and the lowest were obtained from the 10 kg da⁻¹ (17.43 mm) and control (17.83 mm) applications, respectively (Table 5).

Table 4. Averages for the leaf count of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				Mean
	0	75	150	225	
0 kg da ⁻¹	2.00	3.00	2.67	2.67	2.58
2 kg da ⁻¹	1.67	2.00	2.33	2.33	2.08
4 kg da ⁻¹	2.33	2.67	2.33	2.33	2.42
6 kg da ⁻¹	2.33	2.00	2.33	2.00	2.17
8 kg da ⁻¹	3.00	2.00	2.00	3.33	2.58
10 kg da ⁻¹	2.33	2.00	2.33	2.00	2.17
Mean	2.28	2.28	2.33	2.44	2.33
LSD Salt					-
LSD Humic Acid					-
LSD Salt x Humic Acid interaction					-
CV					24

Table 5. Averages for the root length of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				Mean
	0	75	150	225	
0 kg da ⁻¹	20.33	18.00	18.33	14.67	17.83 c
2 kg da ⁻¹	20.67	17.33	18.33	15.67	18.00 bc
4 kg da ⁻¹	22.13	18.67	18.67	15.83	18.83 a
6 kg da ⁻¹	21.87	19.33	19.00	15.67	18.97 a
8 kg da ⁻¹	21.50	19.67	18.00	15.00	18.54 ab
10 kg da ⁻¹	20.40	17.67	17.33	14.33	17.43 c
Mean	21.15 a	18.44 b	18.28 b	15.19 c	18.27
LSD Mean					0.56**
LSD Humic Acid					0.69*
LSD Salt x Humic Acid interaction					-
CV					4.76

** : p<0.01, * : p<0.05

In terms of root thickness, a significant difference was found regarding salt, humic acid, and their interaction. The highest root thickness was obtained from the control application (1.59 mm) in terms of salt application, and the lowest was obtained from the 225 mM salt application (1.01 mm). In

terms of humic acid application dose, the highest root thicknesses were obtained from the 8 kg da⁻¹ applications (1.44 mm), and the lowest were obtained from the 2 kg da⁻¹ and control applications (1.26 mm) respectively (Table 6).

Table 6. Averages for the root thickness of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				
	0	75	150	225	Mean
0 kg da ⁻¹	1.51 cd	1.35 e-h	1.25 ij	0.94 l	1.26 c
2 kg da ⁻¹	1.57 c	1.27 g-j	1.21 j	1.00 kl	1.26 c
4 kg da ⁻¹	1.69 b	1.32 g-1	1.26 h-j	1.01 kl	1.32 b
6 kg da ⁻¹	1.53 c	1.43 d-f	1.33 f-1	1.09 k	1.35 b
8 kg da ⁻¹	1.72 a	1.52 cd	1.36 e-g	1.05 k	1.44 a
10 kg da ⁻¹	1.55 c	1.43 de	1.31 g-1	0.99 kl	1.32 b
Mean	1.59 a	1.39 b	1.29 c	1.01 d	1.32
LSD Salt					0.04**
LSD Humic Acid					0.05**
LSD Salt x Humic Acid interaction					0.099*
CV					4.56

** : p<0.01, * : p<0.05

In terms of plant fresh weight, a significant difference was found with respect to salt application. However, the differences with respect to humic acid application and the interaction between salt and humic acid were

insignificant. The highest plant fresh weight was obtained from the control application (1.47 g) in terms of salt application, and the lowest was obtained from the 225 mM salt application (0.92 g) (Table 7).

Table 7. Averages for the plant fresh weight of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt Concentrations				
	0	75	150	225	Mean
0 kg da ⁻¹	1.17	1.13	1.08	0.96	1.09
2 kg da ⁻¹	1.17	1.13	1.08	0.91	1.07
4 kg da ⁻¹	1.63	1.20	1.07	0.94	1.21
6 kg da ⁻¹	1.54	1.25	1.01	0.91	1.18
8 kg da ⁻¹	1.48	1.28	0.96	0.86	1.15
10 kg da ⁻¹	1.83	1.20	1.01	0.91	1.24
Mean	1.47 a	1.20 b	1.04 c	0.92 c	1.16
LSD Salt					0.14**
LSD Humic Acid					-
LSD Salt x Humic Acid interaction					-
CV					18.2

** : p<0.01

In terms of plant dry weight, a significant difference was found regarding salt, humic acid, and their interaction. The highest plant dry weight was obtained from the control application (0.51 g) in terms of salt application, and the lowest was obtained from the 225 mM salt application (0.26 g). In terms of humic acid

application dose, the highest plant dry weights were obtained from the control (0.40 g), 2 kg da⁻¹ (0.39 g), 4 kg da⁻¹ (0.39 g), and 6 kg da⁻¹ (0.39 g) applications, and the lowest were obtained from the 8 kg da⁻¹ (0.36 g) and 10 kg da⁻¹ (0.36 g) applications respectively (Table 8).

Table 8. Averages for the plant dry weight of rapeseed plants regarding different salt doses, humic acid doses, and their interactions

Humic Acid Doses	Salt concentrations				
	0	75	150	225	Mean
0 kg da ⁻¹	0.50 ab	0.47 bc	0.37 ef	0.27 h	0.40 a
2 kg da ⁻¹	0.46 c	0.48 bc	0.34 fg	0.27 h	0.39 a
4 kg da ⁻¹	0.53 a	0.43 d	0.34 fg	0.26 hi	0.39 a
6 kg da ⁻¹	0.53 a	0.47 c	0.33 g	0.24 hi	0.39 a
8 kg da ⁻¹	0.50 ab	0.37 ef	0.32 g	0.25 hi	0.36 b
10 kg da ⁻¹	0.52 a	0.38 e	0.32 g	0.24 i	0.36 b
Mean	0.51 a	0.43 b	0.34 c	0.26 d	0.38
LSD Salt	0.001**				
LSD Humic Acid	0.015**				
LSD Salt x Humic Acid interaction	0.031**				
CV	4.95				

** : p<0.01

Table 9. Averages of the effects of salt dose, humic acid dose and salt x humic acid interaction on rapeseed growth

Salt Concentrations		SPAD	Plant height (mm)	Body thickness (mm)	Number of leaves (pcs)	Root length (mm)	Root thickness (mm)	Plant fresh weight (g)	Dry weight of plant (g)
Control		46.58 a	109.55 a	1.41 a	2.28	21.15 a	1.59 a	1.47 a	0.51 a
75 mM Salt		44.01 b	101.44 ab	1.17 b	2.28	18.44 b	1.39 b	1.20 b	0.43 b
150 mM Salt		40.71 c	91.88 b	1.15 b	2.33	18.28 b	1.29 c	1.04 c	0.34 c
225 mM Salt		36.41 d	92.80 b	0.86 c	2.44	15.19 c	1.01 d	0.92 c	0.26 d
LSD Salt		**	**	**	-	*	**	**	**
Humic Acid Doses		SPAD	Plant height (mm)	Body thickness (mm)	Number of leaves (pcs)	Root length (mm)	Root thickness (mm)	Plant fresh weight (g)	dry weight of plant (g)
Control		39.26 c	91.72 bc	1.02 c	2.58	17.83 c	1.26 c	1.09	0.40 a
2 kg da ⁻¹		41.92 bc	103.28 a-c	1.14 b	2.08	18.00 bc	1.26 c	1.07	0.39 a
4 kg da ⁻¹		43.94 ab	110.33 a	1.24 a	2.42	18.83 a	1.32 b	1.21	0.39 a
6 kg da ⁻¹		45.18 a	106.74 ab	1.28 a	2.17	18.97 a	1.35 b	1.18	0.39 a
8 kg da ⁻¹		41.97 bc	93.94 bc	1.16 b	2.58	18.54 ab	1.44 a	1.15	0.36 b
10 kg da ⁻¹		39.31 c	87.51 c	1.03 c	2.17	17.43 c	1.32 b	1.24	0.36 b
LSD Humic Acid		**	*	**	-	*	**	-	**
Salt x Humic Acid		SPAD	Plant height (mm)	Body thickness (mm)	Number of leaves (pcs)	Root length (mm)	Root thickness (mm)	Plant fresh weight (g)	dry weight of plant (g)
Control	Control	41.70	98.65	1.13 f-i	2.00	20.33	1.51 cd	1.17	0.50 ab
Control	2 kg da ⁻¹	45.33	121.27	1.45 b	1.67	20.67	1.57 c	1.17	0.46 c
Control	4 kg da ⁻¹	49.34	118.81	1.69 a	2.33	22.13	1.69 b	1.63	0.53 a
Control	6 kg da ⁻¹	52.01	119.63	1.61 a	2.33	21.87	1.53 c	1.54	0.53 a
Control	8 kg da ⁻¹	46.34	103.83	1.38 bc	3.00	21.50	1.72 a	1.48	0.50 ab
Control	10 kg da ⁻¹	44.73	95.12	1.17 f-h	2.33	20.40	1.55 c	1.83	0.52 a
75 mM	Control	41.00	89.76	1.10 g-i	3.00	18.00	1.35 e-h	1.13	0.47 bc
75 mM	2 kg da ⁻¹	43.67	107.67	1.17 f-h	2.00	17.33	1.27 g-j	1.13	0.48 bc
75 mM	4 kg da ⁻¹	46.01	116.30	1.19 e-g	2.67	18.67	1.32 g-i	1.20	0.43 d
75 mM	6 kg da ⁻¹	48.05	105.26	1.28 de	2.00	19.33	1.43 d-f	1.25	0.47 c
75 mM	8 kg da ⁻¹	44.02	101.62	1.20 ef	2.00	19.67	1.52 cd	1.28	0.37 ef
75 mM	10 kg da ⁻¹	41.33	88.05	1.06 i	2.00	17.67	1.43 de	1.20	0.38 e
150 mM	Control	40.33	94.38	1.04 i	2.67	18.33	1.25 ij	1.08	0.37 ef
150 mM	2 kg da ⁻¹	41.67	86.61	1.05 i	2.33	18.33	1.21 j	1.08	0.34 fg
150 mM	4 kg da ⁻¹	43.43	101.20	1.18 f-g	2.33	18.67	1.26 h-j	1.07	0.34 fg
150 mM	6 kg da ⁻¹	42.33	101.46	1.35 cd	2.33	19.00	1.33 f-i	1.01	0.33 g
150 mM	8 kg da ⁻¹	40.50	81.10	1.20 ef	2.00	18.00	1.36 e-g	0.96	0.32 g
150 mM	10 kg da ⁻¹	36.02	86.53	1.09 hi	2.33	17.33	1.31 g-i	1.01	0.32 g
225 mM	Control	34.00	84.09	0.81 k	2.67	14.67	0.94 l	0.96	0.27 h
225 mM	2 kg da ⁻¹	37.00	97.56	0.89 jk	2.33	15.67	1.00 kl	0.91	0.27 h
225 mM	4 kg da ⁻¹	37.00	105.03	0.91	2.33	15.83	1.01 kl	0.94	0.26 hi
225 mM	6 kg da ⁻¹	38.33	100.60	0.86 jk	2.00	15.67	1.09 k	0.91	0.24 hi
225 mM	8 kg da ⁻¹	37.00	89.21	0.86 jk	3.33	15.00	1.05 k	0.86	0.25 hi
225 mM	10 kg da ⁻¹	35.13	80.33	0.80 k	2.00	14.33	0.99 kl	0.91	0.24 i
Mean LSD salt x humic acid		-	-	**	-	-	*	-	**

** : p<0.01. * : p<0.05

Salt stress can cause problems such as reduced growth and yield in many plants. In this context, humic acids stand out among the organic compounds used to support plant health and yield. Humic acids positively affect plant growth by improving the utilization of nutrients in the soil. Additionally, they increase the plants resistance to stress conditions. In this study, different doses of humic acid were applied to canola plants grown under salt stress and seedling development was examined. The results showed that humic acid applications positively affected seedling development in canola plants grown under salt stress. These findings reveal that humic acids increase the adaptation of canola plants to salt stress. Therefore, humic acid applications to canola plants grown under salt stress can be an effective method to support plant growth and increase yield. Different studies describe the effects of salt stress on the growth and development of plants. Korkmaz et al. (2020) study examined the effects of gibberellic and salicylic acid applications on canola plants under salt stress and showed that gibberellic acid application partially reduced the negative impact of salt stress. It has been stated that the application of humic and fulvic acids with potassium in leonardite caused an increase in yield and yield components of the spring canola variety Heros (Gürsoy and Kolsarıcı, 2017). Similarly, humic acid and calcium nitrate applications to pepper plants under saline conditions caused increases in growth parameters, photosynthetic pigments, and mineral content (Akladios and Mohamed, 2018). Finally, a study on the application of humic acid to enhance salt tolerance in soybeans showed that it reduced the damaging effects of salt on leaf area, plant height, fresh and dry mass of the above-ground part, stem length, chlorophyll content, and macro and microelement contents (Matuszak et al., 2017). The data reported by Bozcuk (2000) emphasize that the presence of Al ions increases the uptake of Fe, Mn, and K, which in turn supports chlorophyll synthesis; this is essential for the healthy growth of plants. Meganid et al. (2015) statistically demonstrated the effect of humic acid on

increasing root length in their studies conducted under salt stress; Jarosova et al. (2016) indicated that the negative effects of NaCl application could be mitigated with humic acid treatment. In the study by Tuçtürk et al. (2020), it was observed that increasing doses of humic acid led to positive changes in physiological and biochemical parameters. When all these studies are considered together, they clearly reveal the potential of humic acid to enhance plant performance under stress conditions. The positive effects of humic acid (HA) application on various parameters under salt stress have been highlighted. The similarities in findings from different studies indicate that humic acid plays a significant role in plant development and its ability to tolerate stress. In light of these findings, it can be stated that humic acid has potential as a protective agent against challenging conditions such as salt stress in agricultural applications. Continuing such research will contribute both to fundamental sciences and agricultural practices.

4. Conclusion

The study results showed that humic acid positively affects the growth and development of canola seedlings under salt stress. Humic acid application led to increases in root and stem length, biomass, and chlorophyll content of the seedlings. The highest salt dose applied (225 mM) had the most negative impact on the seedling development stage. However, the 4th and 5th humic acid applications (6 kg da⁻¹ and 8 kg da⁻¹) were found to be more effective in mitigating the stress effects. Humic acids' protective effects on plants under salt stress are noteworthy. Research suggests that humic acid applications support plant growth and development under salt stress and mitigate the negative effects of salt. Therefore, humic acid applications could be an important tool for plant cultivation under salt stress conditions. However, more research is needed. Specifically, the effects of humic acid applications on different plant species and salt stress conditions should be studied. Moreover, the environmental and human health effects of

humic acid applications should also be investigated.

Kaynaklar

- Abogadallah, G.M., 2010. Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signaling and Behavior*, 5(4): 369-374.
- Akıncı, Ş., 2011. Hüyük asitler, bitki büyümesi ve besleyici alımı. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1): 46-56.
- Akladios, S.A., Mohamed, H.I., 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 36: 244-250.
- Arslan, M., Üremiş, İ., Çalışkan, S., Çalışkan, M.E., 2007. Bazı Kanola (*Brassica napus oleifera* sp.) çeşitlerinin amik ovası koşullarında yetiştirilebilme olanaklarının belirlenmesi. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi*, Kongre Bildiriler Kitabı, 25-27 Haziran, Erzurum.
- Başalma D., 2004. Kışlık kolza (*Brassica napus ssp. oleifera* L.) çeşitlerinin Ankara koşullarında verim ve verim öğeleri yönünden karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2): 211-217.
- Bozcuk, S., 2000. Bitki Fizyolojisi Hacettepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Ankara, Türkiye 3.Baskı- Ankara.
- Çebi, U.K., Aydın, B., Selçuk, Ö., Altıntaş, Z., Öztürk, S., 2018. Farklı tuzluluk düzeyindeki sulama sularının örtü altında yetiştirilen brokoli bitkisinin enerji kullanım etkinliği üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2): 100-108.
- 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.
- Gürsoy, M., Kolsarıcı, Ö., 2017. Ankara koşullarında leonarditle kaplanmış toprakta yazlık kolza (*Brassica napus ssp. oleifera* L.)'ya uygulanan farklı humik asit dozlarının verim ve verim öğelerine etkilerinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20: 186-191.
- 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., 2022. Enhancing germination performance early seedling growth chlorophyll stability index and salt tolerance percentage of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds by application different plant growth regulators under salinity stress. *Agrociencia*, 56(1): 82-92.
- Gürsoy, M., 2024. Seed priming for mitigating salinity stress effects in plants: a general review, *Agricultural Reviews*, 45(2): 249-257.
- İçel, C.D., 2005. Humik asit uygulama zamanı ve dozlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'de verim, verim öğeleri ve yağ oranına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Jarošová, M., Klejdus, B., Kováčik, J., Babula, P., Hedbavny, J., 2016. Humic acid protects barley against salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38:161.
- Julkowska, M.M., Testerink, C., 2015. Tuning plant signaling and growth to survive salt. *Trends in Plant Science*, 20: 586-594.
- Karaman, M.R., Şahin, S., Geboloğlu, N., Turan, M., Güneş, A., Tutar, A., 2012. Humik asit uygulaması altında farklı domates çeşitlerinin (*Lycopersicon esculentum* L.) demir alım etkinlikleri. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi* (2012-1): 301-308.

- 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. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(3): 285-293.
- Kereçin, G., Öztürk, F., 2024. The effect of salicylic acid and salt stress on seeder development of some soya (*Glycine max.*L.) cultivars. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 25-35.
- Khan, N., Bano, A., Babar, M. 2019. The stimulatory effects of plant growth promoting rhizobacteria and plant growth regulators on wheat physiology grown in sandy soil. *Archives of Microbiology*, 201:769–785.
- Korkmaz, K., Akgün, M., Kırılı, A., Özcan, M.M., Dede, Ö., Kara, Ş.M., 2020. Gibberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının tuz stresi altında yetiştirilen kolzanın (*Brassica napus* L.) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(4): 873-881.
- Matuszak-Slamani, R., Bejger, R., Cieśla, J., Bieganowski, A., Koczańska, M., Gawlik, A., Gołębiewska, D., 2017. Hümik asit moleküler fraksiyonlarının, soya fasulyesi fidelerinin tuz stresi altında büyümesi ve gelişmesi üzerindeki etkisi. *Bitki Büyüme Yönetmeliği*, 83(3): 465-477.
- Meganid, A.S., Al-Zahrani, H.S., El-Metwally, M.S., 2015. Effect of humic acid application on growth and chlorophyll contents of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress conditions. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 4(5): 2651-2660.
- 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.
- Tunçtürk, M., 2008. Bazı yazlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) çeşitlerinde fosforlu gübrelemenin verim ve verim öğelerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3): 259–266.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Oral, E., Baran, İ., 2020. Hümik asitin baklada (*Vicia faba* L.) tuz (NaCl) stresinin azaltılması üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3): 2168-2179.
- Uyanık, M., Kara, Ş.M., Korkmaz, K., 2014. Determination of responses of some winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars to salt stress at germination period. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(4): 368-375.
- 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.

To Cite

Bilmez Özçınar, A., 2025. Investigation of the Effects of Different Humic Acid Applications on Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Under Salt Stress. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 129-138.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586310>.



Evaluation of Morphological Characteristics of Different Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genotypes that Can Grow in Muş Conditions with Different Analysis Methods

Nurettin BARAN^{1*}

¹ Muş Alparslan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Plant Production and Technologies, Muş

*Corresponding author: n.baran@alparslan.edu.tr

Abstract

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) plant is produced in the world and in Türkiye for the vegetable oil obtained from its seeds. It is an economically significant oil plant in the world and Türkiye with its high oil content (45-50%). It is grown as oil and snack food in different ecological regions of Türkiye. This study was conducted in irrigated conditions in Muş province in the 2023 production season. It was established as 5 blocks according to the Augmented trial design, using 81 genotypes as research material. In line with the parameters obtained from the research, it varied between 108.78-200.05 cm plant height, 14.33-23.33 cm head diameter, 38.38-106.58 g 1000 seed weight, 157.63-390.61 kg da⁻¹ seed yield. Plant height of genotypes compared to control varieties in terms of all examined traits; 4, head diameter; 6, 1000 seed weight; 16, seed yield; 13 genotypes were found to be superior to control varieties. According to all analysis methods, SLP was found to have high levels of adherence to HD and SUD, and the remaining other examined characteristics were determined to be interrelated. Also the study; G67, G66, G41 and G30 genotypes were found to be higher than the control varieties in terms of all characteristics. In conclusion; It is anticipated that, in the light of the data obtained in the study, it will help local producers and scientists plan similar research.

Research Article

Article History

Received	:06.09.2024
Accepted	:20.10.2024

Keywords

Helianthus annuus L.,
sunflower
augmented
yield
adaptation

1. Introduction

Factors such as the rapid increase in the world population, climate change, which is one of the most challenging and difficult to solve global problems faced by humanity, and recent epidemics and wars, reveal the strategic importance of agriculture day by day. Contribution to people's nutrition and the stable maintenance of many industrial areas depending on agriculture can only be achieved through agricultural production. The contribution of vegetable oils to human nutrition is quite high. In Türkiye, the need for vegetable oil is increasing parallel to the human population. As a result of this situation, there is a need for more oil than many other countries. Oilseed plants are an indispensably important source of raw materials for many different sectors such as oil, feed and chemicals.

Since there is not enough production of oilseed plants in Türkiye, crude oil production is insufficient. For this reason, since the required crude oil consumption is not met sufficiently, a large amount of crude oil is imported from foreign countries every year.

According to the usage status of oilseed plants in the world, there are soybean, sunflower, cotton, rapeseed, peanut, sesame, safflower, castor oil, poppy, flax, hemp, jojoba, olive, palm and coconut, while in Türkiye, sunflower, cotton, soybean, peanut, poppy, sesame, safflower, rapeseed, corn and olive, and the most production belongs to the sunflower plant (49.8%) (Durmaz, 2012; Killi and Beycioglu, 2019; Arioglu et al., 2020; Andirman and Baran, 2023).

Sunflower is among the important oil crops in the world and in Türkiye. According to USDA data, total sunflower production in the world is 52.4 million tons in the 2023 production season. Russia ranks first with (16.3%), Ukraine ranks second (12.2%) and the EU ranks third (9.2%). Türkiye ranks 6th in world sunflower production with a share of 3%. According to Tuik data, in 2023, the oil sunflower cultivation area is determined as 952.605 ha, the production amount is 2 million tons and the yield is 227.0 kg da⁻¹. The provinces with the highest production are; Tekirdağ, Edirne, Konya, Kırklareli, Adana, Çorum and Çanakkale (Figure 1) (Anonymous, 2024).

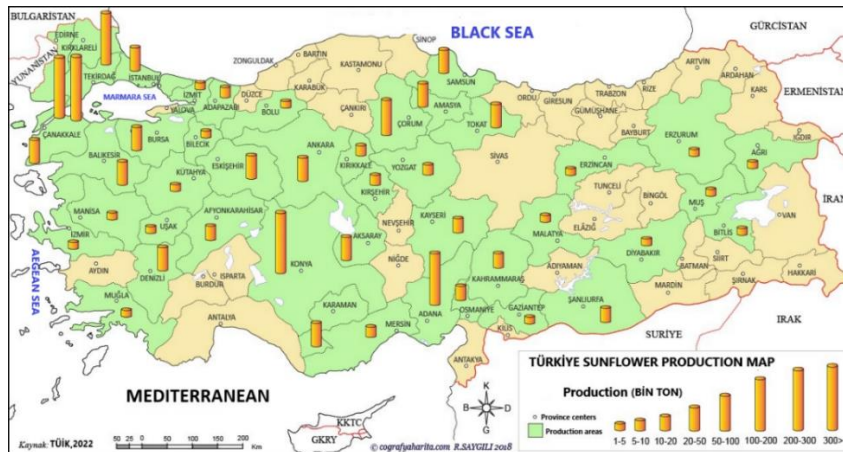


Figure 1. Türkiye sunflower production map

In Türkiye, sunflower is an oil plant with the largest cultivation area and production amount, and its importance is increasing day by day, as it is the product that people prefer most as edible oil. For this reason, it is essential to exceed the current production amount by aiming to increase seed yield and oil rate.

Although sunflower cultivation occurs almost everywhere in our country, a significant share of the cultivation areas belongs to the Thrace Region. Sunflower is a plant of strategic importance for this region. The yield to be obtained from the plant produced; It is under the joint interaction of genotype and

environment and is especially affected by factors such as climate and soil structure (Gul et al., 2017).

Depending on the cultivation of sunflower in different ecologies, factors such as variety and agricultural practices have positive or negative effects on the components that create yield and quality (seed yield, oil ratio, oil yield, fatty acid composition, head diameter, number of seeds, plant height, etc.). Therefore, in order to increase the yield per unit area of sunflower; Necessary cultural practices should be in accordance with the physiological and morphological characters of the varieties, and planting should be carried out by selecting varieties suitable for the region (Cosge and Ulukan, 2005).

When the sunflower plant, which has a high adaptability and is partially drought resistant, is grown in areas suitable for irrigation, there is an increase in yield and productivity parameters (seed yield, plant height, oil rate, number of seeds, head diameter, etc.). Recently, due to the high premium support paid to the sunflower plant and its alternation with sugar beet and potatoes, a significant increase has been achieved in the cultivation areas.

In Türkiye, all regions except the Eastern Black Sea Region are suitable for sunflower cultivation. It has started to gain importance as

a very important rotation plant for irrigable areas in the Eastern Anatolia Region. Muş, which has one of the largest plains in Türkiye, has significant potential with its fertile soil suitable for growing various products. Since there was no water in the Muş Plain for years, there were limitations in the production patterns of many agricultural areas. Later, with the completion of the Alparslan 2 Dam, which is the largest irrigation project and started to retain water, and the canal network between the lands, farmers started to produce under irrigated conditions and product diversity began to emerge in the region.

The aim of this research is to determine the genotypes that are most suitable for the region among different sunflower genotypes that can grow under Muş conditions and to determine their effects on yield and yield parameters. As a result of the study, it is thought that it will help local farmers and shed light on the planning of similar research by scientists.

2. Material and Methods

The study was carried out in irrigated conditions in the application area of Mus Alparslan University campus in 2023. A total of 81 genotypes obtained from Trakya Agricultural Research Institute and commercial companies were used as research material (Table 1).

Table 1. Information on sunflower genotypes used in the study

S.N.	Genotype Name		Breeder Organization Name
G1	TTAE-IMI-21-16	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G2	TTAE-IMI-21-02	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G3	TTAE-21-85	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G4	TTAE-IMI-21-17	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G5	TTAE-21-58	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G6	TTAE-IMI-21-45	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G7	TTAE-IMI-21-44	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G8	TTAE-21-03	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G9	TTAE-IMI-21-126	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G10	TTAE-IMI-21-120	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G11	TTAE-IMI-21-142	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G12	TTAE-21-09	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G13	TTAE-IMI-21-31	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G14	TTAE-IMI-21-99	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G15	TTAE-IMI-21-49	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G16	TTAE-21-61	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G17	TTAE-IMI-21-87	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G18	TTAE-IMI-21-122	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G19	TTAE-IMI-21-17	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G20	TTAE-IMI-21-103	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute

G21	TTAE-21-70	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G22	TTAE-21-07	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G23	TTAE-IMI-21-10	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G24	TTAE-21-27	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G25	TTAE-IMI-21-08	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G26	TTAE-IMI-21-56	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G27	TTAE-21-64	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G28	TTAE-IMI-21-63	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G29	TTAE-21-30	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G30	TTAE-IMI-21-9	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G31	TTAE-IMI-21-06	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G32	P-119	Variety	CORTEVA
G33	P64KL62	Variety	CORTEVA
G34	P64HH106	Variety	CORTEVA
G35	11TR077	Variety	Trakya Agricultural Research Institute
G36	SY GRANIT	Variety	SYNEGNTA
G37	SUOMI	Variety	SYNEGNTA
G38	M98CL88	Variety	MAY
G39	LG-50505	Variety	LG
G40	LG-59580	Variety	LG
G41	P64LC108	Variety	CORTEVA
G42	LG50521-CLP	Variety	LG
G43	LG50501-CLP	Variety	LG
G44	SY-SANTOS	Variety	SYNEGNTA
G45	P64LL62	Variety	CORTEVA
G46	LG50480	Variety	LG
G47	M94CLP80	Variety	MAY
G48	SY-CHELSEA-CLP	Variety	SYNEGNTA
G49	LG50559-SX	Variety	LG
G50	SUZUKA	Variety	SYNEGNTA
G51	OR-21015	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G52	LG5669-CLP	Variety	LG
G53	OR-21034	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G54	P113	Variety	CORTEVA
G55	OR21027	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G56	OR21040	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G57	OR21055	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G58	OR21026	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G59	OR21035	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G60	OR21075	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G61	OR21056	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G62	OR21064	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G63	OR21030	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G64	OR2108	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G65	OR21063	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G66	OR2107	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G67	OR21010	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G68	OR21017	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G69	OR2109	Genotype	Trakya Agricultural Research Institute
G70	LG50550-CLP	Variety	LG
G71	P64LP130	Variety	CORTEVA
G72	LG50455-CLP	Variety	LG
G73	LG50511-CLP	Variety	LG
G74	LG50797-CLP	Variety	LG
G75	SURELI	Variety	SYNEGNTA
G76	LG50689-SX	Variety	LG
G77	LG5485	Variety	LG
G78 (K1)	LG50501	Variety	LG
G79 (K2)	SY NEBRASKA	Variety	SYNEGNTA
G80 (K3)	ALCANTARA	Variety	SYNEGNTA
G81 (K4)	LG50635-CLP	Variety	LG

S.N: Sequence number

Sampling was done from 0-30 depth to determine the soil properties of the trial area. For this purpose, it was determined that the soil

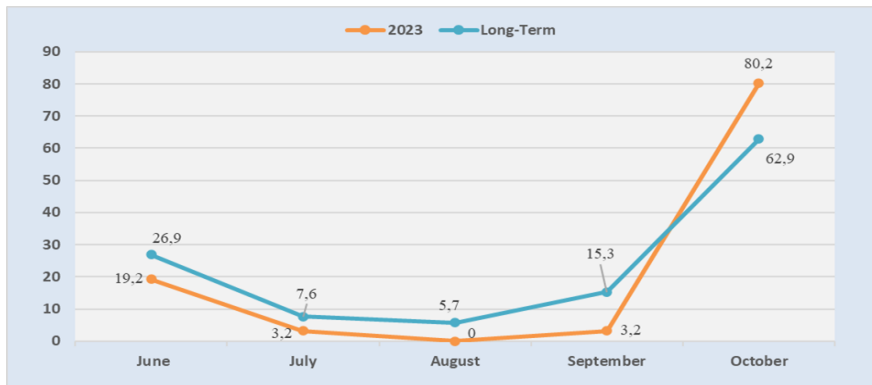
of the trial area was clayey-loamy, slightly saline, moderate in organic matter and low in lime (Table 2).

Table 2. Soil characteristics of the trial area.

Years	Depth (cm)	Structure (%)	Electrical conductivity/Salt (dS m ⁻¹)	pH 'sç'	Lime (CaCO ₃) (%)	Phosphorus 'P ₂ O ₅ ' (kg da ⁻¹)	Organic Matter (%)
2023	0-30	Clay loamy	0.43	7.1	2.65	2.25	2.39

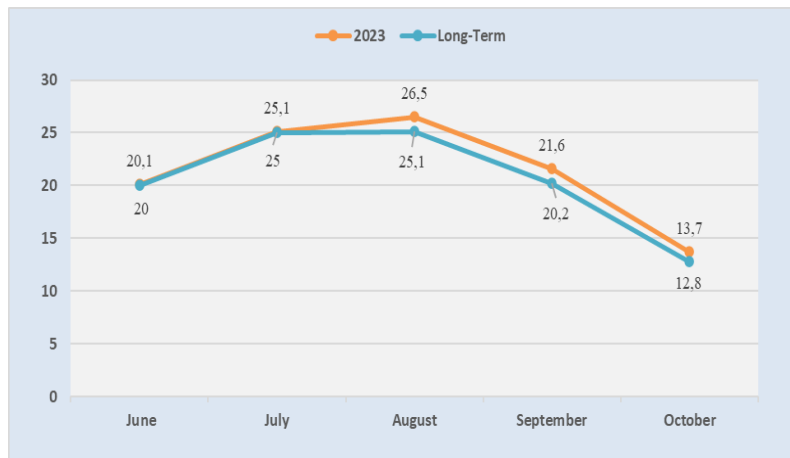
When the climate data for the sunflower growing period of 2023 was examined, it was determined that the total amount of precipitation during the period was 29.9 mm less than the long-term average, and that the amount of precipitation, especially in June, July, August and September, was much less than

the long-term average. During the growing period, the highest rainfall occurred in October, while the lowest rainfall occurred in July (Figure 2). High rainfall in October has been adjusted so that it does not affect the harvesting process.

**Figure 2.** Average rainfall values (mm) of Muş province for the 2023 growing season and long years

When average temperature values were examined, it was determined that all months during the growing season were above the average for many years. In the climate data for the 2023 sunflower growing period, it was determined that the temperature values on a monthly basis were generally higher than the

long-term average. It is thought that the rapid transition from the vegetative phase to the generative phase due to the temperature values on a monthly basis being above the long-term average in the season in which the research was conducted, negatively affected the yield and yield parameters of the plant (Figure 3).

**Figure 3.** Average temperature values (°C) of Muş province for the 2023 growing season and long years

The research was conducted according to the augmented trial design with a total of 5 blocks, each of the 4 blocks consisting of 22 rows and the last block consisting of 9 rows. While the control varieties (LG50501, SY Nebraska, Alcantara and LG50635-CLP) were repeated in each block, other sunflower genotypes used for the research were distributed to the blocks respectively without repetition (Peterson, 1994). The trial area was left empty with an isolation distance of 3 meters between the blocks. Planting procedures were arranged so that the row length of each genotype used in the research was 6 m, row spacing was 70 cm, within row spacing was 30 cm, and each plot had 2 rows. Before planting, 15 kg/da of Diammonium phosphate (18-46-0) bottom fertilizer was applied, and then 15 kg/da of urea (46-0-0) was applied as top fertilizer along with the hoe when the plant was 30-40 cm tall. Trial care was carried out in the form of thinning and hand hoeing, approximately 2 weeks after the plant emerged on the soil surface. When the plants were 10-15 cm height, hoeing, throat filling and singling were carried out on the rows.

Irrigation in the trial; Since there was not enough moisture, it was applied in 4 stages in total after planting, namely the head formation period (R1), the beginning of flowering (R5) and the milk formation period (R5.5-8). The critical periods for irrigation in sunflowers are the formation of the first head, the beginning of flowering, and the beginning of milk formation in the grains, when it needs water the most. Since the flowering period is the most critical period due to temperature, irrigation during this period is also important for yield.

In the research, plant height (cm), head diameter (cm), stem lower part diameter (mm), diameter of the upper part of the stem (mm), 1000 seed weight (g), seed width (mm), seed length (mm) and seed yield (kg/da) characteristics were examined.

The experiment was established in an Augmented trial design with a total of 81 oil sunflower genotypes, including 4 control varieties. The morphological characteristics

examined were determined by taking the average of 10 randomly selected plants representing each parcel. JMP 7.0 package program was used for analysis, and the significance levels between groups were determined according to the LSD test ($p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$) (Kalayci, 2005). Visual graphics, comparison were created with the help of GraphPad Prism 9 (GraphPad Software, USA) software and the heat map was created with the help of Heatmap clustering-ClustVis.

3. Results and Discussion

Differences between genotypes for each trait were evaluated according to the LSD test. In the study, it was determined that the values obtained from the examined characteristics of many genotypes were superior to the control varieties.

3.1. Plant height (cm)

According to the variance analysis results obtained in this research conducted to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, it was found to be statistically significant at the 1% level (Table 2). In the study, it was determined that plant height varied between 108.78 and 200.05 cm (Table 3). G23 (200.05 cm), G67 (189.95 cm), G4 (186.56 cm), G2 (183.14 cm) and K2 (174.45 cm) were determined to be the best genotypes in terms of plant height, respectively. As a result, it was determined that the genotypes in the first four rows were higher than the control group. According to the results of studies conducted by different researchers on sunflower plant height values; Alpman and Sinan (2020), 133.6-159.9 cm; Yazici (2020), 154.3-265.4 cm; Dumlu-Gul and Tan (2016) reported that the length varies between 152.9-191.8 cm. It has been suggested that these differences between varieties arise from the genetic structure of the plant.

3.2. Head diameter (cm)

According to the variance analysis results obtained in this research conducted to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, it was found to be statistically significant at the 5% level (Table 2). In the study, it was determined that

the head diameter varied between 14.33-23.33 cm (Table 3). As a result of the data obtained, G69 (23.33 cm), G58 (21.99 cm), G55 (21.29 cm), G59 (21.29 cm), G2 (21.14 cm) and G44 (21.06 cm) genotypes were found to have higher values than the varieties in the control group. According to the results of studies conducted by different researchers on sunflower head diameter values; Alpman and Sinan (2020), 17.2-21.4 cm; Yazici, (2020) stated that it varies between 17.0-22.2 cm. It is parallel to the findings obtained from the research. Studies conducted with different varieties in different regions of our country have revealed that head diameter is affected by ecological factors, soil structure, cultivation techniques and cultural practices, and is also under the control of genetic structure.

3.3. Stem lower part diameter (mm)

According to the variance analysis results obtained in this research conducted to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, it was found to be statistically significant at the 5% level (Table 2). The Stem lower part diameter values obtained from this study were determined between 11.40 and 24.64 mm (Table 3). The genotypes with the highest values, G69 (24.64 mm), G55 (24.32 mm) and G4 (24.08 mm), respectively, were determined to have higher values than the varieties in the control group.

3.4. Stem upper part diameter (mm)

According to the variance analysis results, it was found to be statistically significant at the 5% level (Table 2). According to the results of this research, the Stem upper part diameter values were determined as 7.64-21.27 mm (Table 3). The genotypes with the highest values, G69 (21.27 mm), G62 (20.01 mm) and G68 (18.77 mm), respectively, were determined to have higher values than the varieties in the control group.

3.5. 1000 seed weight (g)

According to the variance analysis results obtained in this research conducted to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, it was found to be statistically significant at the 1% level

(Table 2). The weight of 1000 seed obtained from this study was found to be between 38.38-106.58 g (Table 3). It was determined that G30 (106.58 g), G67 (102.14 g) and G31 (99.96 g) genotypes had higher values than the varieties in the control group. In their study, Aydogdu and Haliloglu (2023) reported that 1000 seed weights were obtained between 64.76-71.17 g. In the light of the research results, it has been stated that 1000 seed weight is a feature that varies according to the genetic structure of the variety, climatic conditions, applied cultural processes and growing conditions in studies conducted in different regions.

3.6. Seed width (mm)

According to the results of variance analysis, it was not found to be statistically significant (Table 2). The seed width value was determined to be between 3.08-8.49 mm (Table 3). Many genotypes carried out in the study were found to be higher than the varieties in the control group in terms of seed width. In the study conducted by Yazici (2020), the seed width was determined as 7.9-9.6 mm.

3.7. Seed length (mm)

According to the results of variance analysis, seed length was found to be statistically significant at the 1% level (Table 2). According to the results of this study, the seed length value was determined between 9.33-18.97 mm (Table 3). While the longest seed length was G68 (18.97 mm), the lowest was obtained from the G50 (9.33 mm) genotype. Many genotype values were found to be higher in seed length than the varieties in the control group. In the study conducted by Yazici (2020), the seed length was determined as 20.4-25.9 mm.

3.8. Seed yield (kg da⁻¹)

According to the variance analysis results obtained in this research conducted to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, it was found to be statistically significant at the 5% level (Table 2). Seed yield was determined as 157.63-390.61 kg da⁻¹ (Table 3). The genotypes with the highest values were determined as G51 (390.61 kg da⁻¹), G62

(382.57 kg da⁻¹) and G55 (364.07 kg da⁻¹), respectively. Seed yield values of many genotypes were determined to be higher than the varieties in the control group. As a result of the seed yield study conducted by some researchers on the subject; Alpman and Sinan (2020) as 344.6-465 kg da⁻¹; Erbas and Senates (2020) as 235.4-348.6 kg da⁻¹; Yazici (2020) as 180.4-474.0 kg da⁻¹; Yilmaz and Erdem (2021) as 160.0- 255.0 kg da⁻¹; Aydogdu and Haliloglu (2023) as 383.04-419.18 kg da⁻¹. In addition to the genetic factor of the sunflower plant, many factors such as physiological, morphological, agronomic and ecological

affect the seed yield. As with other cultivated plants, choosing varieties suitable for the region is one of the main factors that increase yield and quality in sunflower cultivation. Many researchers reported that they obtained different seed yield values in studies conducted under different varieties and ecological conditions. It can be said that the differences in the findings obtained in the study from the results of the researchers are due to the differences in variety characteristics, fertilization, irrigation, ecological conditions, planting and harvest times.

Table 2. Variance Analysis Table of Mean Squares

Sources of Variance	SD	pH (cm)	HD (cm)	SLD (mm)	SUD (mm)	1000 SW (g)	SW (mm)	SL (mm)	SY (kg da ⁻¹)
Recurrence	4	296.98	32.171	15.68	36.27	47.57	18.34	1.73	9042.18
Genotype	80	21345.92**	269.19*	646.52*	492.94*	18476.27**	84.08 ^{od}	394.47**	252711.25*
Mistake	12	535.24	21.99	29.32	36.05	639.39	12.03	2.51	16890.19
General	96	26668.58	415.31	725.79	660.15	20019.62	138.43	432.30	295908.35
Total									
CV (%)		4.37	7.27	8.02	13.31	12.42	19.11	3.85	13.85

PH: Plant height, HD: Head diameter, SLD: Stem lower part diameter, SUD: Stem upper part diameter, 1000 SW: 1000 seed weight, SW: Seed width, SL: Seed length, SY: Seed yield

Table 3. Values and groupings of genotypes in terms of examined features

Genotype	PH (cm)	HD (cm)	SLD (mm)	SUD (mm)	1000 SW (g)	SW (mm)	SL (mm)	SY (kg da ⁻¹)
G1	156.99 f-w	18.36 b-p	18.31 e-c1	11.09 g-p	42.61 o-v	6.52 a-j	11.01 f-u	292.75 a-y
G2	183.14 a-d	21.14 a-g	22.54 a-a1	14.33 b-q	96.94 a-c	7.91 a-d	18.87 a	322.09 a-y
G3	154.23 f-x	16.38 i-p	16.90 p-c1	11.85 e-p	45.93 m-v	6.28 a-j	10.93 f-u	278.53 a-y
G4	186.56 a-c	17.71 b-p	24.08 a-a1	16.04 a-q	84.21 a-g	8.49 a	18.85 a	294.8 a-y
G5	153.56 f-z	15.50 k-p	16.01 t-d1	12.03 e-p	44.62 n-v	5.70 a-k	9.57 s	208.89 o-y
G6	171.85 b-h	17.36 b-p	22.22 a-a1	14.53 b-q	63.30 f-u	7.41 a-j	11.39 e-u	279.34 a-y
G7	162.9 d-p	17.38 b-p	19.65 a-a1	12.25 e-p	53.41 h-v	3.08 i-k	11.8 d-u	187.14 s-x
G8	143.56 l-i1	18.14 b-p	18.10 e-c1	12.69 d-p	40.69 p-v	5.73 a-k	11.14 f-u	188.2 s-x
G9	139.36 s-k1	18.91 a-p	20.45 a-a1	12.49 d-p	50.75 h-v	6.49 a-j	11.03 f-u	238.89 c-y
G10	160.56 e-t	18.50 b-p	21.60 a-a1	14.76 b-q	52.77 h-v	6.45 a-j	12.1 c-u	289 a-y
G11	139.85 q-k1	17.71 b-p	19.91 a-a1	15.47 a-q	64.75 f-u	3.49 h-k	12.13 c-k	214.74 m-y
G12	139.56 q-k1	19.29 a-o	19.82 a-a1	13.03 c-q	52.25 h-v	6.93 a-j	10.84g-u	194.35 r-x
G13	159.14 e-v	19.29 a-o	22.37 a-a1	15.02 b-q	43.62 o-v	6.40 a-j	9.8 r-t	234.37 d-y
G14	171.71 b-n	19.71a-m	19.01 d-z	13.70 c-q	51.96 h-v	6.30 a-j	11,24 f-u	212.28 m-y
G15	144.06 l-i1	16.63 d-p	19.60 a-a1	11.81 e-p	38.90 s-v	6.46 a-j	9.74 r-t	192.87 r-x
G16	143.42 m-i1	17.29 c-p	16.62 r-d1	11.64 e-p	56.35 h-v	3.75 h-k	13.26 c	170.45 u-x
G17	150.33 g-g1	16.75 c-p	17.51 h-c1	11.47 g-p	63.40 f-u	5.15 a-k	11.24 f-u	351.67 a-i
G18	136.19 v-k1	16.54 f-p	18.44 f-c1	11.90 f-p	53.62 h-v	4.84 b-k	10.05 q-t	255.12 b-y
G19	157.65 e-w	15.70 j-p	17.13 k-c1	9.55 l-p	38.38 t-v	4.38 e-k	10.79 i-u	229.8 f-y
G20	159.05 e-u	17.25 c-p	15.85 v-d1	9.51 l-p	45.78 m-v	4.54 d-k	10.55 l-u	217.67 l-y
G21	144.55 k-i1	17.48 b-p	17.30 i-c1	11.80 f-p	46.91 k-v	5.32 a-k	11.85 c-u	241.13 c-y
G22	156.9 f-w	16.40 i-p	17.85 g-c1	9.16 m-p	44.83 n-v	4.48 d-k	11.52 d-u	207.22 p-x
G23	200.05 a	15.82 j-p	21.25 a-a1	11.04 g-p	91.70 a-e	7.44 a-j	17.96 a-b	318.92 a-y
G24	128.05 fl-i1	14.82 o-p	13.49 b1-d1	9.09 m-p	46.63 k-v	5.36 a-k	11.43 e-u	221.39 j-y
G25	162.48 d-q	17.47 b-p	17.49 h-c1	12.20 e-p	49.09 i-v	5.80 a-k	10.68 j-u	215.88 l-y
G26	161.05 d-t	17.40 b-p	21.93 a-a1	16.29 a-q	58.18 h-v	6.19 a-k	11.45 e-u	339.25 a-n
G27	158.3 e-w	18.25 b-p	23.34 a-a1	17.11 a-q	66.30 f-u	5.08 a-k	11.61 d-u	296.71 a-y
G28	144.38 k-i1	17.81 b-p	21.49 a-a1	14.10 b-q	50.27 i-v	5.66 a-k	10.73 i-u	326.46 a-y
G29	129.65 c1-i1	18.60 b-p	15.41 y-d1	11.95 f-p	46.51 k-v	4.45 e-k	11.29 f-u	232.24 f-y

Baran

G30	172.76 b-f	18.25 b-p	20.88 a-al	12.90 c-q	106.58 a	7.54 a-j	18.86 a	318.41 a-y
G31	168.76 b-n	19.04 a-n	22.44 a-al	17.41 a-q	99.96 a-b	7.70 a-c	17.95 a-b	293.4 a-y
G32	118.38 j1-l1	16.48 h-p	16.32 u-d1	13.95 c-q	60.75 g-v	5.07 a-k	11.55 d-u	286.56 a-y
G33	147.39 j-h1	19.02 a-o	17.02 l-c1	14.26 b-q	73.07 c-1	5.93 a-k	12.91 c-e	210.251n-x
G34	138.56 t-k1	19.63a-m	16.62 q-d1	13.08 c-q	47.85 l-v	4.93 b-k	12.1 c-u	286.31 a-y
G35	159.71 e-s	17.56 b-p	20.38 a-a1	11.82 e-p	60.88 g-v	6.37 a-k	10.93 h-u	329.08 a-y
G36	154.47 f-w	17.19 c-p	18.42 e-b1	12.90 c-q	55.30 h-v	4.61 b-k	11.64 d-u	283.57 a-y
G37	129.99 b1-l1	17.27 c-p	18.48 e-b1	11.03 g-p	53.08 h-v	5.21 a-k	10.9 h-u	250.38 c-y
G38	132.3 x-k1	15.44 l-p	16.97 m-c1	10.78 g-p	42.49 o-v	4.49 b-k	11.02 f-u	157.63 x
G39	149.28 h-g1	18.92 a-p	20.22 a-a1	14.16 b-q	46.81 m-v	4.69 b-k	11.3 f-u	183.15 t-x
G40	165.56 c-o	19.27 a-o	21.38 a-a1	12.89 c-q	59.98 g-v	5.91 a-k	12.01 c-u	337.44 a-o
G41	135.54 w-k1	14.97 n-p	13.23 c1-d1	8.58 n-p	50.65 i-v	4.93 b-k	11.93 c-u	166.74 w-x
G42	159.85 e-s	20.06a-m	19.75 a-a1	13.95 c-q	71.25 d-k	5.51 a-k	12.27 c-1	314.39 a-y
G43	170.56 b-n	18.92 a-p	21.65 a-a1	13.55 c-q	55.66 h-v	4.53 b-k	12.39 c-g	295.88 a-y
G44	151.56 f-d1	21.06 a-h	20.72 a-a1	15.53 a-q	61.79 g-v	6.06 a-k	11.04 f-u	231.96 d-y
G45	140.64 p-k1	16.27 i-p	15.55 x-d1	10.60 g-p	64.23 f-u	5.42 a-k	13.04 c-d	294.95 a-y
G46	154.14 f-w	17.92 b-p	19.79 a-a1	10.29 h-p	64.37 f-u	5.00 b-k	11.84 c-u	313.24 a-y
G47	139.42 r-k1	18.06 b-p	17.97 e-c1	10.09 i-p	49.49 j-v	5.30 a-k	10.79 j-u	248.99 c-y
G48	154.56 f-w	18.70 a-p	18.98 b-a1	11.33 f-p	61.35 g-v	4.70 b-k	10.96 h-u	294.57 a-y
G49	149.06 g-f1	16.79 e-p	16.29 s-c1	7.64 p	42.06 q-v	4.07 e-k	10.64 k-u	325.31 a-y
G50	148.78 i-f1	19.00 a-o	18.39 e-c1	9.42 m-p	55.10 h-v	4.27 c-k	9.33 t	301.87 a-y
G51	130.11 al-k1	19.95 a-l	19.63 a-a1	11.27 f-p	64.33 f-u	5.65 a-k	11.41 e-u	390.61 a
G52	123.78 i1-l1	17.62 c-p	16.28 s-c2	8.11 o-p	41.25 r-v	3.72 g-k	10.4 n-t	313.84 a-y
G53	147.63 i-g1	19.79 a-l	18.83 e-b1	14.11 c-q	69.51 d-n	5.05 a-k	11.61 d-u	298.13 a-y
G54	122.78 i1-l1	18.39 b-p	16.68 p-c1	11.81 e-p	41.54 r-v	3.69 g-k	11.2 f-u	253.83 c-y
G55	118.78 j1-l1	21.29 a-g	24.32 a-d	12.88 e-q	70.06 d-m	5.18 a-k	10.92 g-u	364.07 a-c
G56	130.83 y-k1	20.79 a-1	22.83 a-a1	13.71 c-q	72.64 c-l	5.65 a-k	12.21 c-j	222.5 i-y
G57	140.28 p-k1	17.04 e-p	14.53 z-d1	12.51 e-p	54.73 h-v	4.89 b-k	11.15 f-u	218.39 k-y
G58	124.78 h1-l1	21.99 a-b	23.87 a-d	15.91 a-q	57.55 h-v	5.32 a-k	10.93 g-u	226.68 h-y
G59	129.28 d1-l1	21.29 a-g	22.78 a-a1	18.41 a-d	58.73 h-v	5.42 a-k	11.03 g-u	236.68 e-y
G60	136.58 u-k1	20.54 a-1	16.08 t-d1	12.06 e-p	53.43 h-v	4.43 c-k	10.55 l-t	330.09 a-y
G61	129.28 d1-l1	20.54 a-1	19.06 c-a1	13.58 c-q	65.56 f-u	5.13 a-k	11.97 c-u	358.56 a-f
G62	128.53 e1-l1	18.04 b-p	17.13 j-c1	20.01 a-b	64.18 f-u	5.34 a-k	12.45 c-h	382.57 a-b
G63	108.78 ll	15.45m-p	11.40 dl	11.34 f-p	46.74 o-v	4.62 b-k	11.59 d-u	234.25 e-y
G64	127.95g1-l1	17.62 c-p	16.45 s-c1	9.69 j-p	54.47 h-v	5.24 a-k	11.11 f-u	348.63 a-j
G65	131.12 y-l1	16.83 c-p	15.23 y-d1	11.70 e-p	57.97 h-v	4.18 e-k	11.06 f-u	210.81 m-y
G66	165.95 c-n	14.33 p	18.34 e-c1	9.57 k-p	93.15 a-d	4.94 b-k	16.82 b	196.42 q-x
G67	189.95 a-b	20.71 a-1	22.47 a-a1	14.95 b-q	102.14 a	6.70 a-j	18.89 a	181.74 v-x
G68	166.45 c-n	20.58 a-1	22.04 a-a1	18.77 a-q	87.96 a-f	6.32 a-k	18.97 a	202.91 p-y
G69	161.45 d-t	23.33 a	24.64 a	21.27 a	70.77 d-m	5.35 a-k	11.66 d-u	288.14 a-y
G70	145.16 o-f1	19.54 a-n	18.96 b-a1	14.57 b-q	57.21 h-v	4.55 b-k	11.07 f-u	221.69 g-y
G71	152.62 f-c1	17.66 b-p	19.36 b-a1	14.99 b-q	49.29 i-v	5.07 a-k	11.61 d-u	211.77 m-y
G72	157.85 e-w	20.03a-m	20.97 a-a1	12.83 d-p	53.08 i-v	4.57 b-k	11.97 c-u	298.29 a-y
G73	159.02 e-v	20.54 a-1	20.51 a-a1	14.23 b-q	70.53 e-u	5.70 a-k	11.94 c-u	348.67 a-j
G74	160.12 e-t	17.66 b-p	18.14 e-c1	13.49 c-q	42.76 o-v	4.39 c-k	10.28 p-t	237.59 c-y
G75	167.31 c-n	18.47 b-p	20.51 a-a1	12.43 e-p	43.31 o-v	5.07 a-k	10.48 m-t	209.09 o-y
G76	162.31 d-s	18.33 b-p	16.92 o-c1	11.68 e-p	53.22 i-v	3.95 g-k	12.12 c-u	216.79 k-y
G77	160.31 d-t	19.26 a-o	20.14 a-a1	13.11 d-p	75.80 b-h	4.87 b-k	11.28 f-u	239.35 c-y
G78 (K1)	160.17 f-o	17.89 c-o	19.73 e-w	13.11 e-m	55.83 i-v	4.16 h-k	11.74 f-k	257.66 e-y
G79 (K2)	174.45 b-e	20.81 a-g	21.94 a-a1	13.35 e-m	50.56 o-v	4.83 f-k	10.78 o-r	316.06 a-j
G80 (K3)	153.87 i-z	20.18 a-e	20.17 c-u	13.15 e-m	57.56 h-u	4.83 g-k	11.22 g-u	311.9 a-l
G81 (K4)	165.91 e-n	20.04 a-g	22.46 a-a1	13.35 e-m	67.44 g-j	5.59 b-j	11.62 f-u	322.77 a-h
Maksimum	200.05	23.33	24.64	21.27	106.58	8.49	18.97	390.61
Minimum	108.78	14.33	11.40	7.64	38.38	3.08	9.33	157.63
Average	150.30	18.34	19.13	12.91	58.90	5.34	12.00	264.53
LSD (0.05 ve 0,01)	20.57**	4.17^{0D}	4.82*	5.34^{0D}	22.49**	3.08^{0D}	1.41**	115.60^{0D}
Higher Genotype Number than Control Group	4	6	9	30	16	28	27	13

3.9. PCA plot of heat map clustering and examined parameters

According to the heat map graph, it is observed that the parameters examined are divided into two main groups. 1. main group; it consists of stem upper part diameter (mm), head diameter (cm) and stem lower part diameter (mm), and the 1st main group is divided into two subgroups (Figure 4). In subgroup 1a, only the stem upper part diameter (mm) feature is included. In subgroup 1b; It is seen that it has stem upper part diameter (mm) and head diameter features. 2nd main group; It consists of seed length (mm), 1000 seed weight (g), seed width (mm), plant height (cm) and seed yield (kg/da) and is divided into two subgroups in the 2nd main group. In subgroup 2a; It has seed length (mm), 1000 weight (mm) and seed width (mm) features. In subgroup 2b; It has been observed that plant height (cm) and seed yield (kg/da) characteristics are included (Figure 6). When the heat map was examined in terms of the relationships between genotypes, it was determined that it was

divided into two main groups, A and B (Figure 4). Heat mapping is categorized according to the color scale between -2 and +2 colors. It has been determined that the data obtained with the categorized dependent/independent variables are clearly divided into two main groups with a color range (+2 to -2; red to blue). In addition to these categorizations, it can be seen that the data regarding the parameters examined are observed with red and its shades in the range $\geq 0 \leq 2$, and the color tones between $\geq 2 \leq 0$ are coded with blue and shades of blue. Red and its shades have a higher relationship, while blue and its shades have lower values (Figure 4). The heat mapping graph detects the connection between visually examined parameters and genotypes (Metsalu and Vilo, 2015; Stavridou et al., 2021; Yasar et al., 2023; Baran, 2024). According to the results obtained in clustering, it was revealed that the genotypes had different characteristics. In particular, it was found that there were very different genotypes according to the parameters examined (Figure 5).

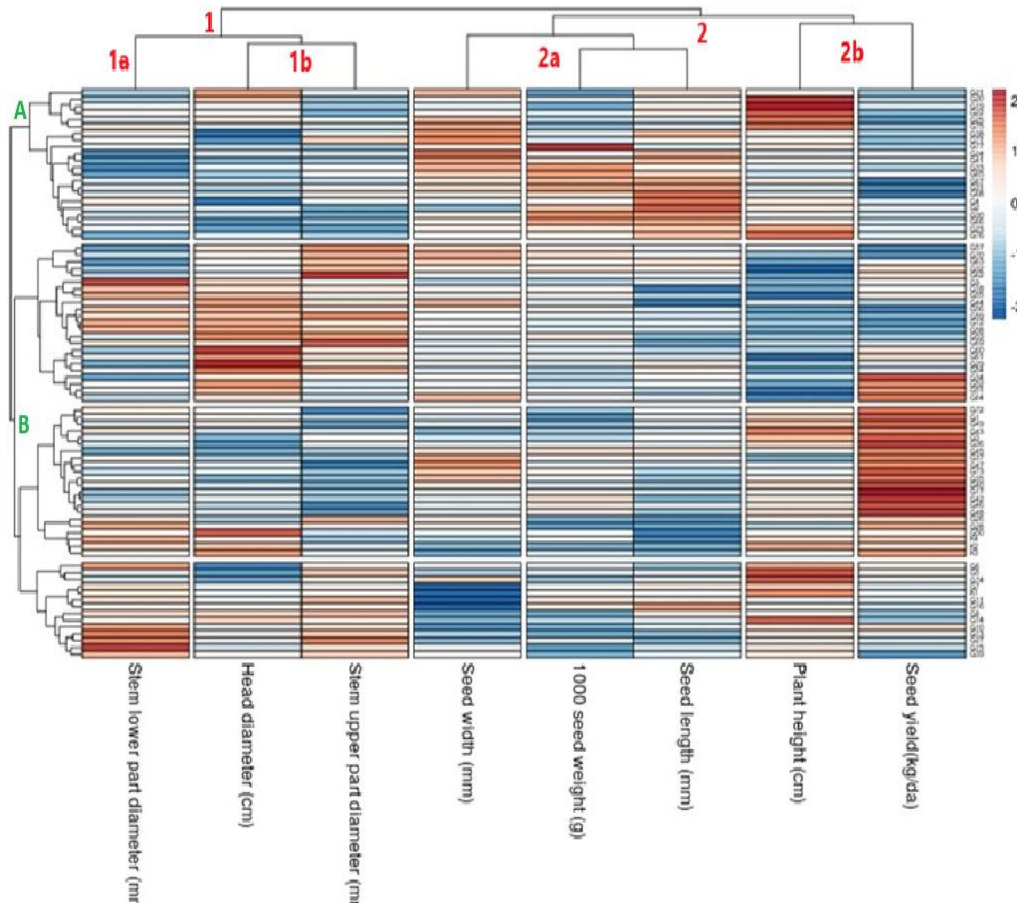


Figure 4. Clustering of sunflower genotypes according to the heat map of the examined traits

According to the PCA Plot, it was determined that the heat map clustering results were confirmed and the parameters were located in 2 different main groups (Group 1 and Group 2). The variation between parameters (PC1; 24.4% and PC2; 26.8%) and the combined effect of PC1 and PC2 explained 51.2% of the variance (Figure 6). Additionally, two separate groups (Group A and Group B) were found in the relationships between genotypes (Figure 5). Group A; G76, G68, G67, G66, G65, G45, G41, G36, G35, G33,

G30, G24, G23, G22, G19, G4 and G2 genotypes were determined. Group B includes all the remaining genotypes. Variation between genotypes (PC1; 21.3% and PC2; 42.9%) and the combined effect of PC1 and PC2, 64.2% of the variance, were detected (Figure 5). PCA, presented in recent studies, is a method that provides a better visual understanding of traits and genotypes. The PCA plot shows the relationship between the examined parameters and/or genotypes (Baran et al., 2022).

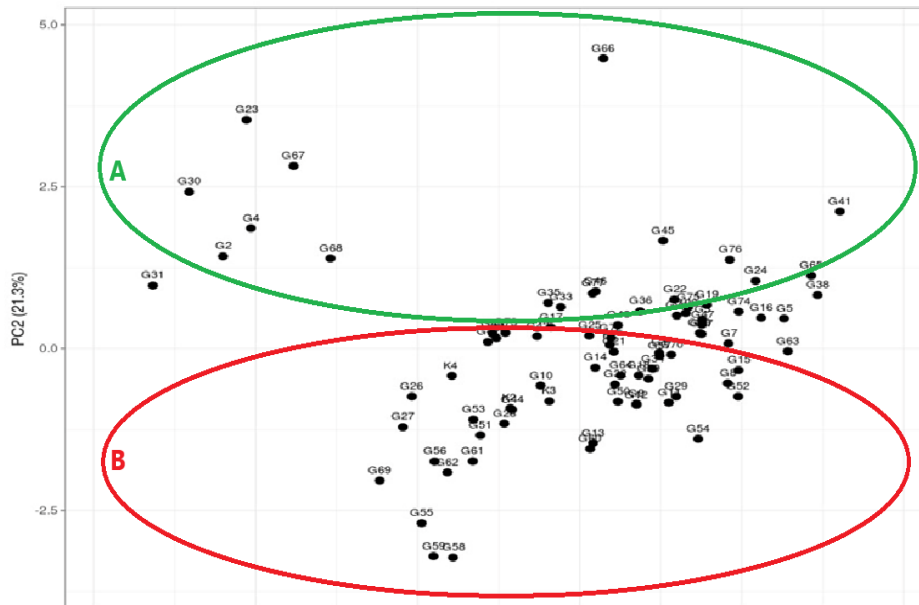


Figure 5. Relationships between sunflower genotypes according to PCA Plot.

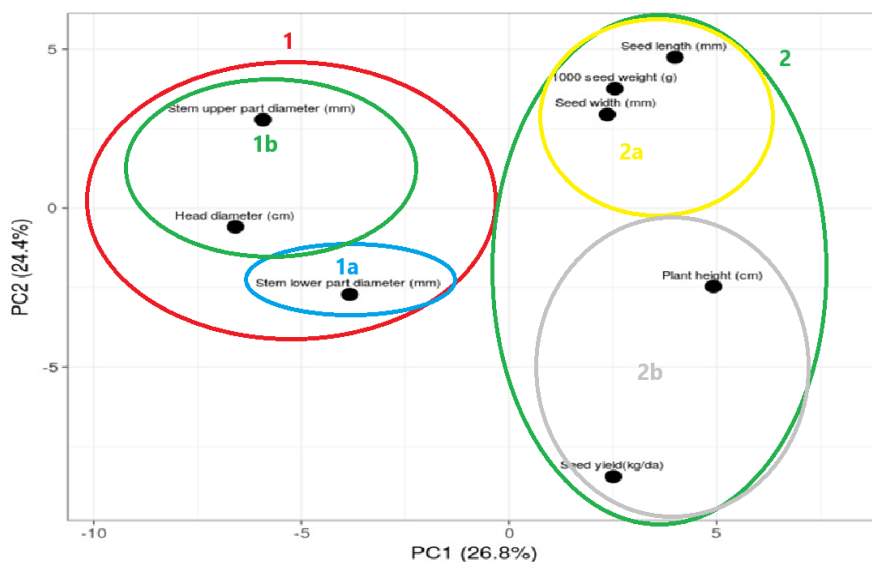


Figure 6. Relationships between parameters examined in sunflower genotypes according to PCA Plot.

4. Conclusion

In this research conducted in irrigated conditions in the application area of Muş Alparslan University campus in 2023, seed yield: G73, G64, G62, G61, G60, G55, G51, G40, G35, G26 and G17, 1000 seed weight; G68, G67, G66, G31, G30, G23 and G4, if the head diameter is; G69, G59, G58, G55, G44 and G2 genotypes were at the forefront. When genotypes were compared with control varieties in terms of all examined characteristics; plant height; 4 genotypes, head diameter; 6 genotypes, stem lower part diameter (mm); 9 genotypes, Stem upper part diameter; 30 genotypes, 1000 seed weight; 16 genotypes, seed width; 28 genotypes, seed length; 27 genotypes and in seed yield; It was determined that 13 genotypes were superior to the control varieties. In addition, according to the PCA Plot, it was found that the heat map clustering results were confirmed and the parameters were divided into 2 different main groups, and 2 separate groups (Group A and Group B) were detected in the relationships between genotypes. In the evaluations made, high variation was determined in the study carried out to determine the adaptation ability and yield parameters of the sunflower plant, and it is anticipated that it will shed light on researchers in terms of variety breeding in future breeding studies. Sunflower is a very valuable plant in increasing Türkiye's crude oil production amount. For this reason, its widespread use in the Eastern Anatolia region will make a significant contribution to eliminating the existing oil deficit. In addition, since the remaining pulp after removing the oil provides a good feed source, a very important plant will be introduced to this region, whose source of income is animal husbandry. In parallel with this situation, it is thought that the current unemployment rate will decrease as the region contributes to both crop production and industrialization. It is estimated that significant developments will occur in the field of animal husbandry by enabling local people who have recently left their villages and gone to the city center to return. Thus, it is expected to provide significant input to the country and

regional economy by supporting both crop and livestock farming.

References

- Alpman, K., Sinan, N. S., 2020. The effect of plant frequency on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties in different maturization group in dry conditions in Cukurova. *Cunas*, 39-5.
- Andirman, M., Baran, N., 2023. Some soybean [*Glycine max.* L. (Merill)] varieties determination of cultivation possibilities of as main crop. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(4): 373-379.
- Anonymous, 2024. Türkiye sunflower production map. <http://cografyaharita.com/turkiye-tarim-haritalari3.html> (Accessed: 15.06.2024).
- Arioglu, H., Kolsarici, O., Kurt, O., Caliskan, S., Aslan, M., Isler, N., Goksoy, A., Basalma, D., Baydar, H., Ozer, H., 2020. Current situation in oilseeds production. Conference Proceedings Books, *Turkey Agricultural Engineering IX Technical Congress*, p: 13-17, Tokat.
- Aydogdu, A., Haliloglu, H., 2023. The effect of different nitrogen doses on yield and yield components in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties under second crop conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 146-157.
- Baran, N., 2024. The effect of different sowing dates application on agronomic parameters in some safflower varieties. *Ordu University Journal of Science and Tecnology*, 14(2): 424-434.
- Baran, N., Andirman, M., Shimira, F., Nyirahabimana, F., Temiz, M. G., 2022. The determination of tolerances of some cotton genotypes against wilt disease (*Verticillium dahliae* Kleb.) under the ecological conditions of Diyarbakir. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 10(12): 2358-2367.

- Cosge, B., Ulukan, H., 2005. Varieties and planting time in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. *Süleyman Demirel University Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3).
- Dumlu-Gul, Z., Tan, M., 2016. Effects of different harvest periods on silage yield and some characteristics in sunflower populations. *Journal of Field Crops Central Research Institute*, 25(Special Issue-2): 272-277.
- Durmaz, A.H., 2012. Investigation of the effects of slowly decomposing fertilizer and leaf fertilizer application on the yield and oil quality of sunflower plants. Master's Thesis, Namik Kemal University Institute of Science and Technology, Tekirdag.
- Erbas, S., Senates, A., 2020. Effects of nitrogen and sulfur fertilization on yield and quality in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Süleyman Demirel University Institute of Science and Technology Journal*, 24(1): 217-225.
- Genstat, 2009. Genstat for windows (12th edition) introduction. –VSN international, Hemel Hempstead.
- Gul, V., Ozturk E., Polat, T., 2017. Determination of some characteristic features of oil sunflower seeds. *Ataturk Univ. Faculty of Agriculture Journal*, 48(2): 81-85.
- Kalaycı, M., 2005. Using jump with examples and variance analysis models for agricultural research. *Anatolian Agricultural Research Institute Reg. Publications* Publication No: 21 Eskisehir.
- Killi, F., Beycioglu, T., 2019. Oilseed and crude oil production status in Türkiye and the world, important problems regarding oilseed production in Türkiye. *International Journal of Anatolian Agricultural Engineering Sciences*, 1(5): 17-33.
- Metsalu, T., Vilo, J., 2015. ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using Principal Component Analysis and heatmap. *Nucleic Acids Research*, 43: 566-570.
- Peterson, R.G., 1994. Agricultural field experiments design and analysis. Marcel Dekker. Inc. 409 p. Corvallis. Oregon.
- Stavridou, E., Lagiotis, G., Kalaitzidou, P., Grigoriadis, I., Bosmali, I., Tsaliki, E., Tsiotsiou, S., Kalivas, A., Ganopoulos, I., Madesis, P., 2021. Characterization of the genetic diversity present in a diverse sesame landrace collection based on phenotypic traits and EST-SSR markers coupled with an HRM analysis. *Plants*, 10: 656.
- Yilmaz, F., Erdem, D.B., 2021. Determination of yield and some plant characteristics of sunflower varieties grown in different soil orders. *European Journal of Science and Technology*, 25: 688-696.
- Yasar, M., Baran, N., Demiray, Y.G., Ekinci, R., Karadag, Y., 2023. Effects of coating with different doses of boron compound on germination parameters of cotton seeds. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 11(8): 1351–1359.
- Yazici, L., 2020. Determination of yield and yield components in some local appetizer sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4): 940-951.

To Cite

Baran, N., 2025. Evaluation of Morphological Characteristics of Different Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genotypes that Can Grow in Muş Conditions with Different Analysis Methods. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 139-151.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586641>.



Evaluation of Phenological and Pomological Characteristics of Walnut Cultivars in the Ecology of Tavas (Denizli)

Levent KIRCA ^{1*}

¹ Pamukkale University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Denizli

*Corresponding author: leventkirca28@gmail.com

Abstract

This study seeks to assess aims to evaluate the performance of walnut cultivars namely; ‘Bilecik’, ‘Chandler’, ‘Pedro’, ‘Şebin’, and ‘Yalova-1’ under the ecological conditions of Tavas (Denizli) based on climate data by analyzing their phenological and pomological characteristics in detail. Phenological observations revealed that the ‘Bilecik’ cultivar is the earliest to leaf and flower, while the ‘Chandler’ cultivar is the latest. In terms of pomological characteristics, the ‘Yalova-1’ cultivar has the highest fruit weight at 18.64 g, whereas the ‘Chandler’ cultivar has the highest kernel ratio at 50.41%. Color analyses indicate that the ‘Chandler’ cultivar has the lightest ($L^*:56.48$, $a^*:7.76$) kernel color and performs best in terms of kernel blackening. PCA analysis provides a good summary of the data, with the first two components explaining 88.3% of the total variation. PC1 explains 61.4% of the variance and shows a strong association with size-related traits such as fruit weight, shell thickness, and kernel weight. PC2 explains 26.9% of the variance and is associated with color characteristics. Correlation analysis shows a strong positive relationship between fruit weight and kernel weight ($r:0.94$), and a negative relationship with kernel ratio ($r:-0.41$). In conclusion, the ‘Chandler’ is suggested for its superior kernel quality and high yield, ‘Yalova-1’ for its ability to produce large nuts, and ‘Bilecik’ for its early harvest potential and marketing benefits.

Research Article

Article History

Received	:07.09.2024
Accepted	:20.10.2024

Keywords

Juglans regia L.,
correlation
phenology
pomology

1. Introduction

Turkey, with its ancient and deep-rooted fruit cultivation culture, is among the native lands of walnuts, as it is for many other fruit species (Şen, 2009; Bayazit et al., 2016; Karadeniz et al., 2017; Güvenç and Kazankaya, 2019). The walnut is part of the natural flora of a vast region extending from the Carpathian Mountains to Turkey, Iraq, Iran, Afghanistan, Southern Russia, India, Manchuria, and Korea (Şen, 2009). Among the 18 walnut species identified with certain characteristics, only *Juglans regia* L. is cultivated in Turkey (Şen, 2009). Increasing consumer demands and rising prices each year have led to the expansion of walnut orchards and production areas.

Walnut is a type of hard-shelled fruit that has strategic importance in the global food economy and has an economic volume exceeding two billion dollars in world trade annually. Walnut, which has a wide range of uses from the food industry to the cosmetics sector, from the furniture industry to the pharmaceutical industry, has reached an important position in the functional food market, especially with the increase in healthy nutrition trends in recent years (Gülsoy et al. 2016; Salık and Çakmakçı, 2023). It draws attention with its contribution to the sustainable agricultural economy, the employment opportunities it creates at local and regional levels, and its role in rural development (Jahanban-Esfahlan et al., 2019; Salık and Çakmakçı, 2023). Walnut, which is a high value-added agricultural product due to its high nutritional value, versatile areas of use, and increasing consumer demand, stands out as an agricultural product that will continue to increase its economic importance in the future with its production potential and new product development opportunities.

Turkey's rich climatic diversity offers extensive opportunities for walnut cultivation (Kırca et al., 2014). Walnuts are known for their ability to adapt to different ecological conditions and can therefore be successfully cultivated in various regions of Turkey. However, fruit cultivation is often a costly and

challenging process. Therefore, it is crucial to carefully evaluate the performance of walnut cultivars to be used in new cultivation areas (Bilgin et al., 2023). Walnut trees require between 400 and 1800 chilling hours and can grow at altitudes ranging from 0 to 1700 meters. These characteristics provide a wide geographical area for walnut cultivation. As with many fruit species, cultural practices in walnut cultivation affect yield and quality, but the primary impact comes from ecological conditions (Miletić et al., 2009). Temperature is one of the most critical factors directly affecting the quality of walnut fruit (Akça and Yılmaz, 2016).

Support from the Ministry of Agriculture and Forestry contributes to the increase in production areas by encouraging the establishment of walnut orchards. Certified sapling and grant support make walnut cultivation attractive, while special afforestation projects on treasury and forest lands that have lost their quality positively influence the establishment of new orchards. Innovative methods such as modern agricultural techniques, drip irrigation systems, and precision farming applications increase the productivity of walnut orchards. Additionally, walnut processing and packaging facilities enhance the added value of products, contributing to the local economy. Plantations established with walnut cultivars suitable for ecological conditions can provide high yield and quality, increasing competitiveness in international trade. Moreover, walnut trees reduce carbon emissions, prevent soil erosion, and support biodiversity. Therefore, walnut cultivation holds strategic importance in the agricultural sector, providing both economic and environmental benefits.

Walnuts, with high economic value, are an essential part of dietary programs. Walnuts contain 52-70% oil and are rich in essential fatty acids, particularly oleic, linoleic (~60%), and linolenic acids. The high polyunsaturated fatty acid content suggests that walnut consumption can help prevent cardiovascular diseases by lowering total and LDL cholesterol. The nutritional and economic

value of walnuts varies according to cultivar and growing conditions, depending on oil content and fatty acid distribution (Şen, 2009; Şen et al., 2011; Şen et al., 2006).

Economic efficiency in fruit cultivation can be achieved through the establishment of monoculture orchards. One of the critical factors in orchard establishment is selecting cultivars or types by considering their phenological, pomological, and vegetative characteristics (Bayazit, 2011).

This study aims to determine walnut cultivars suitable for the ecological conditions of the Tavas (Denizli) district by examining the leafing, female and male flowering periods, harvest time, and fruit characteristics of walnut cultivars over two years in light of climate data.

2. Material and Methods

2.1. Plant material

This study was carried out in a commercial orchard located in Tavas district of Denizli province, at an altitude of 910-960 m for two years in 2022 and 2023. ‘Bilecik’, ‘Chandler’, ‘Pedro’, ‘Şebin’ and ‘Yalova-1’ walnut cultivars grafted onto seedling rootstock were used as plant material. The trees are 16 (Bilecik), 10 (Chandler), 12 (Pedro), 16 (Şebin) and 16 (Yalova-1) years old, and the planting distances are 9x9. Cultural practices such as pruning and spraying were carried out in the garden on time. Among the cultural practices, irrigation and fertilization were given in the form of drip irrigation.

2.2. Phenological and pomological measurements

Phenological observations recorded included leafing, male and female flowering, and harvest time. Leafing was defined as the period when terminal buds reached approximately 2.5 cm in length on 80-90% of

the tree (Koyuncu et al., 2005). Male flowering was defined as the period when male catkins actively produced pollen (Akça, 1999; Asma et al., 1999). Female flowering was considered the period when 80-90% of the female flowers had receptive stigmas (when the stigma turns from yellow to brown) (Akça, 1999). Walnut harvest was conducted when the outer green husk began to turn brown and showed cracks, allowing easy separation from the inner hard shell (Şen et al., 2011).

Thirty harvested fruits were separated from their green husks, washed, and dried in the shade. Analyses were conducted in the laboratory of the Department of Horticulture at Pamukkale University. Average walnut and kernel weights were determined using a precision balance (0.0001 g), and the kernel ratio (%) was calculated. The width, height, length, and shell thickness of the walnuts were measured with a digital caliper with 0.01 mm precision. Fruit color values (L^* , a^* , b^* , Chroma, Hue $^\circ$) were measured using a PCE-CSM1 model colorimeter (PCE Instruments, Germany) (Kırca et al., 2014).

2.3. Tavas climate data

When comparing the years 2022 and 2023, relative humidity was higher in March, April, and May of 2023 (%72.3, %72.3, %76.9) compared to 2022 (%67.7, %51.3, %58.4). Wind speed was similar in both years, but lower in May 2023 (2.1 m s^{-1}). In terms of temperature, March 2022 was notably colder ($2.3 \text{ }^\circ\text{C}$) than March 2023 ($7.9 \text{ }^\circ\text{C}$). In April and May, temperatures were higher in 2022 ($13.3 \text{ }^\circ\text{C}$ and $16.3 \text{ }^\circ\text{C}$) compared to 2023 ($9.6 \text{ }^\circ\text{C}$ and $14.5 \text{ }^\circ\text{C}$). Regarding precipitation, May 2023 recorded significantly more rainfall (105.6 mm) than May 2022 (23.4 mm). These data indicate that 2023 was wetter and more humid, but cooler compared to 2022 (Figure 1) (Anonymous, 2023).

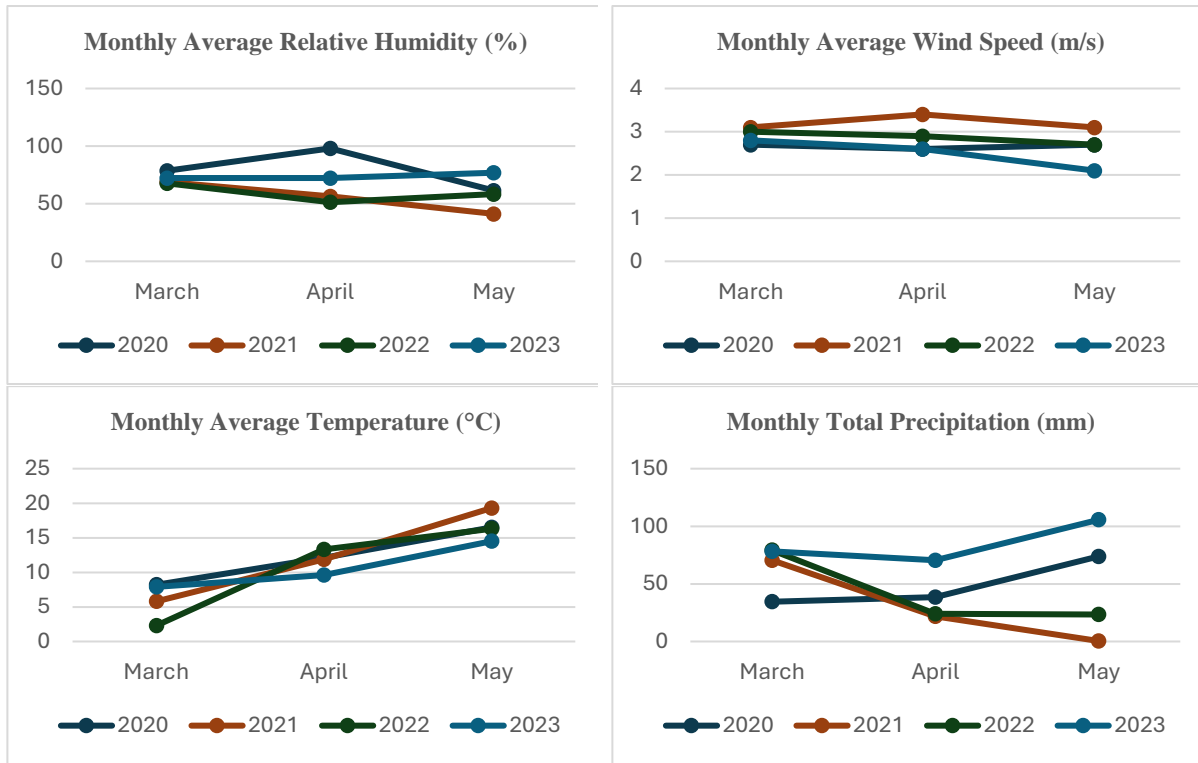


Figure 1. Monthly average relative humidity, monthly average wind speed, monthly average temperature, and monthly total precipitation in Tavass district from 2019 to 2023.

2.4. Statistical analyses

The research was designed according to a completely randomized design with three replications and five trees per replication. The JMP software package was used to evaluate the results obtained from the experiment. The variability of traits according to cultivars was subjected to one-way analysis of variance, and differences were determined using Tukey's Multiple Comparison Test ($p < 0.05$). Correlation analysis was performed to determine the relationships between the traits examined, and principal component analysis was used to assess the distribution of traits according to cultivars.

3. Results and Discussion

The phenological observations recorded over two years for walnut cultivars, including leafing, male and female flowering, and harvest dates, are presented in Table 1. These phenological characteristics are crucial for understanding how walnut cultivars respond to ecological conditions and the timing of their developmental stages, which is important for economic efficiency and adaptation to the environment.

For the 'Chandler' cultivar, leafing, male, and female flowering dates in 2023 were delayed by a few days compared to 2022. This delay can be attributed to the lower average temperature in April 2023 (9.6 °C) compared to 2022 (13.3 °C) and the higher precipitation in April 2023 (70.5 mm). Lower temperatures and increased precipitation may have slowed tree development. For the 'Pedro' cultivar, leafing and flowering dates in 2023 were slightly later than in 2022. The higher relative humidity in April 2023 (72.3%) compared to 2022 (51.3%) may have affected plant water status and transpiration rates, altering the timing of phenological events. Additionally, the lower temperatures in 2023 may have contributed to this delay. For the 'Şebin' cultivar, leafing and flowering dates in 2023 were delayed by a few days compared to 2022. This delay can be linked to the lower temperatures (9.6 °C) and higher precipitation (70.5 mm) in April 2023. Increased humidity and precipitation may have slowed tree development. For the 'Yalova-1' cultivar, leafing and flowering dates in 2023 were later than in 2022. The lower temperatures and higher precipitation in April 2023 may have

caused the delay in phenological events, leading to slower development under cooler and wetter conditions. For the 'Bilecik' cultivar, the leafing date in 2023 was earlier than in 2022. This early leafing can be associated with the higher temperatures in March 2023 (7.9 °C). The lower precipitation in March (78.1 mm) may have contributed to earlier phenological events by creating drier conditions. However, male and female flowering dates in April occurred slightly earlier, indicating the influence of the temperature increase in March.

Leafing dates varied among cultivars. The 'Bilecik' cultivar showed the earliest development, leafing on March 25 in 2022 and March 21 in 2023, suggesting that this cultivar might be more vulnerable to early frost risk but could offer the advantage of early harvest under Tavas conditions. Other cultivars, such as 'Pedro', 'Şebin', and 'Yalova-1', generally leafed in mid-April, while 'Chandler' was the latest to leaf. 'Chandler' leafed on April 16 in 2022 and April 20 in 2023, indicating that it might perform better in cooler climates and be more resistant to late spring frost.

The 'Bilecik' cultivar flowered with male flowers on April 10 in 2022 and April 8 in 2023, flowering within a similar timeframe as other cultivars. The 'Chandler' flowered with male flowers on April 10 in 2022 and April 14 in 2023, showing slightly later flowering compared to other cultivars. The 'Pedro' and 'Şebin' flowered relatively early, on April 6 and 7 in 2022, and April 10 and 9 in 2023, respectively. The 'Yalova-1' was the earliest to flower with male flowers, on April 5 in 2022 and April 8 in 2023. These male flowering dates are important for planning pollination timing and evaluating the adaptation of cultivars to suitable ecological conditions.

The 'Bilecik' cultivar was the earliest to flower with female flowers, on April 5 in 2022 and April 1 in 2023. This early flowering suggests that 'Bilecik' might be more vulnerable to early frost risk but could offer the advantage of early pollination. The 'Chandler' flowered with female flowers on April 21 in

2022 and April 25 in 2023, showing later flowering compared to other cultivars, suggesting that it might perform better in cooler climates. The 'Pedro' and 'Şebin' flowered in mid-April, on April 19 and 17 in 2022, and both on April 20 in 2023. The 'Yalova-1' also flowered with female flowers on April 17 in 2022 and April 20 in 2023.

The 'Bilecik' was the earliest to be harvested, from October 3 to 5, indicating a rapid maturation process and the advantage of early market availability. The 'Yalova-1' was harvested from October 20 to 25, suggesting a shorter maturation process. The 'Şebin' and 'Pedro' were harvested towards the end of October. The 'Chandler' was the latest to be harvested, from October 27 to 30.

Bilgin et al. (2023) reported in their study on the performance of walnut cultivars in the Kale district of Denizli that leafing dates ranged from April 10 to 20, male flowers opened in the first half of April, female flowers opened 1-2 weeks after male flowers, and the 'Chandler' flowered about a week later than other cultivars. The researchers also found that the harvest period ranged from October 20 to 28. The findings obtained are similar to those of Bilgin et al. (2023) and other studies conducted with different walnut cultivars and genotypes (Gerçekcioğlu et al., 2019; Güller, 2020; Oruç, 2020; Sütyemez et al., 2021; Sütyemez et al., 2022).

The impact of ecological conditions on walnut quality shows significant variations among different species and cultivars. This highlights the need to identify the most suitable walnut cultivars for the ecosystem and recommend these cultivars to growers to increase the number of trees and production volume in walnut cultivation. Regional adaptation studies play a strategic role in evaluating the ability of these cultivars to adapt to local climate and soil conditions, thereby enhancing production efficiency. These studies are critically important for ensuring sustainable growth in walnut cultivation and optimizing quality.

Table 1. Phenological observations of leafing, male and female flowering, and harvest dates for walnut cultivars

Cultivars	Years	Leafing	Male flowering	Female hlowering	Harvest
Chandler	2022	16 April	10 April	21 April	27 October
	2023	20 April	14 April	25 April	30 October
Pedro	2022	12 April	06 April	19 April	25 October
	2023	17 April	10 April	20 April	27 October
Şebin	2022	12 April	07 April	17 April	23 October
	2023	16 April	09 April	20 April	26 October
Yalova-1	2022	12 April	05 April	17 April	20 October
	2023	17 April	08 April	20 April	25 October
Bilecik	2022	25 March	10 April	05 April	03 October
	2023	21 March	08 April	01 April	05 October

The averages of two-year measurements for fruit weight, kernel weight, kernel ratio, fruit width, fruit length, fruit height, and shell thickness of the walnut cultivars studied are presented in Table 2. These traits were found to be statistically significant among the walnut cultivars. Among the cultivars, Yalova-1' had the highest fruit weight at 18.64 g, which was statistically significant compared to the other cultivars. 'Bilecik' (12.39 g), 'Chandler' (12.55 g), and 'Şebin' (12.35 g) were similar in terms of fruit weight, while the lowest fruit weight was found in 'Pedro' at 11.57 g. Bilgin et al. (2023) reported that in the Kale district of Denizli, the heaviest walnuts were from the 'Yalova-1' at 16.50 g, and the lightest were from the 'Pedro' at 4.98 g. Çoban (2020) reported a walnut weight of 10.27 g for the 'Chandler' in a two-year study in the Kaman district of Kırşehir; Büyüksolak et al. (2020) reported a range of 8.77-13.35 g for the same cultivar in Uşak; Bilgin et al. (2018) reported fruit weights of 10.98 g, 11.32 g, and 10.42 g for 'Chandler', 'Pedro', and 'Şebin', respectively, in Menemen, İzmir; and Bayazit et al. (2019) reported fruit weights of 16.66 g and 12.83 g for 'Bilecik' and 'Şebin', respectively, in Mucur, Kırşehir. The findings from this study are generally higher than those from previous studies, which may be attributed to cultural practices and ecological conditions. In terms of kernel weight, Yalova-1' had the highest kernel weight at 8.16 g among the cultivars studied. 'Bilecik' (6.07 g), 'Chandler' (6.32 g), and 'Şebin' (5.96 g) were statistically in the same group with similar kernel weights, while 'Pedro' had the lowest kernel weight at 4.99 g. Bilgin et al. (2023) reported kernel

weights of 6.34 g for 'Chandler', 4.98 g for 'Pedro', 5.69 g for 'Şebin', and 8.14 g for 'Yalova-1'; Çoban (2020) reported 4.51 g for 'Chandler'; Büyüksolak et al. (2020) reported a range of 4.14-5.40 g; Bilgin et al. (2018) reported 4.47 g, 5.32 g, and 3.65 g for 'Chandler', 'Pedro', and 'Şebin', respectively; and Bayazit et al. (2019) reported kernel weights of 7.67 g for 'Bilecik' and 6.28 g for 'Şebin'. The findings for the cultivars studied are consistent with previous studies. The kernel ratio is an economically important parameter in walnuts, as in other hard-shelled fruits. Significant differences in kernel ratio were found among the cultivars. The highest kernel ratios were found in 'Chandler' (50.41%), 'Bilecik' (49.03%), and 'Şebin' (48.41%), while the lowest were in 'Yalova-1' (43.80%) and 'Pedro' (43.17%). Bilgin et al. (2023) reported kernel ratios of 49.66% for 'Chandler', 46.92% for 'Pedro', 46.79% for 'Şebin', and 49.96% for 'Yalova-1'; Çoban (2020) reported 44% for 'Chandler'; Büyüksolak et al. (2020) reported a range of 42.16-47.58% for 'Chandler' at different altitudes; Bilgin et al. (2018) reported 40.70% for 'Chandler', 47.00% for 'Pedro', and 35.00% for 'Şebin'; and Bayazit et al. (2019) reported 46.07% for 'Bilecik' and 48.93% for 'Şebin'. The kernel ratio values obtained in this study are higher for some cultivars and lower for others compared to other studies. These differences may be due to cultural practices, cultivation techniques, climate, and soil characteristics. The high kernel ratios obtained for 'Chandler' and 'Bilecik' suggest that these cultivars may be more economically advantageous under Tavas conditions. The

findings are generally consistent with other studies, although significant differences were observed for some cultivars. Significant differences were found among the cultivars in terms of fruit width, length, and height. The ‘Yalova-1’ had the widest fruit width at 34.60 mm. ‘Chandler’ (32.81 mm) and ‘Şebin’ (31.87 mm) were statistically in the same group, producing fruits of similar width, while ‘Bilecik’ (29.84 mm) and ‘Pedro’ (29.14 mm) had narrower fruits. Similarly, the longest fruits were found in ‘Yalova-1’ (34.23 mm) and ‘Chandler’ (34.04 mm), while ‘Bilecik’ (29.78 mm) and ‘Pedro’ (29.91 mm) had shorter fruits. The tallest fruits were found in ‘Yalova-1’ (44.07 mm), while the shortest were in ‘Bilecik’ (32.46 mm) and ‘Pedro’ (33.54 mm). Bilgin et al. (2023) reported fruit widths of 32.72 mm, 29.51 mm, 30.93 mm, and 34.87 mm, fruit lengths of 34.56 mm, 29.86 mm, 32.31 mm, and 34.73 mm, and fruit heights of 41.88 mm, 33.72 mm, 38.74 mm, and 43.56 mm for ‘Chandler’, ‘Pedro’, ‘Şebin’, and ‘Yalova-1’, respectively; Çoban (2020) reported 31.95 mm fruit thickness, 31.63 mm fruit width, and 38.74 mm fruit height for ‘Chandler’; Büyüksolak et al. (2020) reported a range of 30.56-33.48 mm for fruit width, 39.73-43.70 mm for fruit length, and 31.92-34.96 mm for fruit height for ‘Chandler’ at different altitudes; Bilgin et al. (2018) reported fruit widths of 34.61 mm, 33.26 mm, and 32.52 mm, fruit lengths of 37.74 mm, 40.09 mm, and 38.97 mm, and fruit heights of 32.44 mm, 34.75 mm, and 35.58 mm for ‘Şebin’, ‘Chandler’, and ‘Pedro’, respectively; and Bayazit et al. (2019) reported fruit widths of 34.11 mm and 35.40 mm, fruit lengths of 44.44 mm and 45.42 mm, and fruit heights of 35.31 mm and 35.85 mm for ‘Şebin’ and ‘Bilecik’, respectively. Some consistencies and differences are observed between the findings and previous studies. These differences may be due to climate and soil characteristics, altitude, or cultural practices. The width, length, and height of walnut fruits are important for commercial value and quality. Large and symmetrical walnuts are generally sold at higher prices due to consumer preferences and

market standards. These physical characteristics affect the kernel fill ratio and shell thickness, determining quality and serving as important criteria for evaluating the suitability of cultivation conditions. In terms of shell thickness, ‘Yalova-1’ had the thickest shell at 1.95 mm, while ‘Bilecik’ had the thinnest shell at 1.21 mm, significantly distinguishing them from other cultivars. There was no significant difference in shell thickness among ‘Chandler’ (1.62 mm), ‘Pedro’ (1.61 mm), and ‘Şebin’ (1.52 mm). Bilgin et al. (2023) reported shell thicknesses of 1.58 mm, 1.59 mm, 1.54 mm, and 1.65 mm for ‘Chandler’, ‘Pedro’, ‘Şebin’, and ‘Yalova-1’, respectively; Çoban (2020) reported 1.05 mm for ‘Chandler’; Büyüksolak et al. (2020) reported a range of 1.50-1.97 mm for ‘Chandler’; Bilgin et al. (2018) reported shell thicknesses of 1.32 mm, 1.42 mm, and 1.40 mm for ‘Şebin’, ‘Chandler’, and ‘Pedro’, respectively; and Bayazit et al. (2019) reported shell thicknesses of 1.83 mm and 1.42 mm for ‘Şebin’ and ‘Bilecik’, respectively. Shell thickness in walnuts is an important parameter for consumer preferences and production processes. Thin-shelled walnuts are more easily cracked and have a higher kernel fill ratio, making them more preferred by consumers and thus increasing their commercial value. Additionally, thin shells reduce processing costs, while thick shells can protect walnuts from external factors but may increase transportation and storage costs. Therefore, shell thickness is an important feature to consider in walnut production and marketing. Similarities and differences are observed between the findings and previous studies. The significant differences for ‘Yalova-1’ and ‘Bilecik’ may be due to genetic diversity, environmental effects, soil characteristics, or altitude. While there is general consistency for ‘Chandler’, ‘Pedro’, and ‘Şebin’, significant differences are found in some studies. Büyüksolak et al. (2020) reported that fruit size and shell thickness are affected by altitude, with values increasing as altitude increases.

Table 2. Some pomological characteristics of the walnut cultivars studied.

Cultivars	Fruit weight	Kernel weight	Kernel ratio	Fruit width	Fruit length	Fruit height	Shell thickness
Bilecik	12.39±0.01 b	6.07±0.13 b	49.03±1.04 a	29.84±0.29 c	29.78±0.57 c	32.46±0.30 d	1.21±0.06 c
Chandler	12.55±0.35 b	6.32±0.08 b	50.41±0.62 a	32.81±0.05 b	34.04±0.04 a	42.60±0.54 b	1.62±0.01 b
Pedro	11.57±0.01 c	4.99±0.01 c	43.17±0.03 b	29.14±0.15 c	29.91±0.23 bc	33.54±0.05 d	1.61±0.01 b
Şebin	12.35±0.13 b	5.96±0.35 b	48.41±2.05 a	31.87±0.20 b	31.48±0.70 b	38.52±0.13 c	1.52±0.11 b
Yalova-1	18.64±0.11 a	8.16±0.09 a	43.80±0.73 b	34.60±0.59 a	34.23±0.11 a	44.07±0.33 a	1.95±0.01 a
LSD	0.174	0.177	1.113	0.314	0.420	0.319	0.058

Values in the same column marked with different superscript letters are statistically different from each other ($p < 0.05$).

The color values of the walnut cultivars were examined, and statistically significant differences were found among L^* , a^* , b^* , chroma, and Hue° values (Table 3). The L^* value is a color parameter that indicates the lightness and darkness of the fruit. Among the cultivars studied, ‘Chandler’ had the highest L^* value (56.48), indicating that it has the lightest kernel color, a feature generally preferred by consumers. ‘Bilecik’ (41.56) and ‘Pedro’ (42.09) had lower L^* values, indicating darker colors. The a^* value among color values is considered an indicator of kernel blackening, and thus, a lower value is desirable. ‘Chandler’ showed the best performance in terms of kernel blackening with the lowest a^* value (7.76), while ‘Bilecik’ (11.64), ‘Pedro’ (12.81), ‘Şebin’ (12.42), and ‘Yalova-1’ (11.91) had similar a^* values. The b^* value is an indicator of the yellow color, and a higher value is desirable. ‘Chandler’ had the highest b^* value (28.77), indicating it has the most yellowish color. ‘Bilecik’ (23.74) and ‘Pedro’ (23.93) had lower b^* values, indicating they are less yellowish compared to ‘Chandler’. Chroma value indicates the saturation of the color, with a higher chroma value indicating a more vivid color. ‘Chandler’ (29.77), ‘Şebin’ (29.16), and ‘Yalova-1’ (28.87) had high chroma values, indicating more saturated colors, while ‘Bilecik’ (26.74)

and ‘Pedro’ (26.81) had lower chroma values. The Hue° value indicates the tone of the color, with a higher Hue° value indicating a more yellowish tone. ‘Chandler’ had the highest Hue° value (74.92), indicating the most distinct color tone, while ‘Bilecik’ had a lower Hue° value (60.78). Bilgin et al. (2023) reported that L^* values ranged from 40.04 (Bursa-95) to 55.32 (Chandler), with a^* values being low in Bursa-95 (13.52) and high in Chandler (7.76). They found that ‘Chandler’ had a high b^* value (28.84), and the decrease in chroma value in ‘Bursa-95’ (26.76) compared to ‘Chandler’ (29.86) indicated a decrease in saturation, with the highest Hue° found in ‘Chandler’. Bayazit et al. (2019) reported L^* , a^* , b^* , chroma, and Hue° values for ‘Şebin’ as 59.71, 10.25, 16.35, 19.31, and 57.78, respectively, and for ‘Bilecik’ as 56.05, 10.57, 17.36, 20.34, and 58.56. The findings indicate that ‘Chandler’ generally stands out with lighter, more yellowish, and more saturated colors, while ‘Bilecik’ and ‘Pedro’ have darker and less saturated colors. Kernel color is an important quality parameter resulting from both cultivar characteristics and post-harvest processes (Bilgin et al., 2023). Overall, the findings from the walnut cultivars studied in the Tavas ecology are consistent with previous studies conducted in other ecologies.

Table 3. Color values of the walnut cultivars studied

Cultivars	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue°	Kernel color
Bilecik	41.56±0.11 c	11.64±0.33 a	23.74±0.23 d	26.74±0.05 b	60.78±0.59 d	Dark
Chandler	56.48±0.76 a	7.76±0.02 b	28.77±0.01 a	29.77±0.03 a	74.92±0.07 a	Light
Pedro	42.09±2.21 c	12.81±0.75 a	23.93±0.13 d	26.81±0.36 b	61.80±1.73 cd	Dark
Şebin	45.02±0.04 bc	12.42±0.06 a	27.36±0.21 b	29.16±0.22 a	67.33±0.32 b	Medium
Yalova-1	49.29±1.17 b	11.91±0.16 a	25.36±0.10 c	28.87±0.45 a	64.76±0.40 bc	Light
LSD	1.170	0.374	0.158	0.278	0.851	

Values in the same column marked with different superscript letters are statistically different from each other ($p < 0.05$).

The relationships between the pomological characteristics and color values of the walnut cultivars studied are illustrated in Figure 2. A very strong positive relationship (0.943) was found between fruit weight and kernel weight, while a negative relationship (-0.414) was identified with the kernel ratio. Fruit width showed a strong positive correlation with both fruit weight (0.796) and kernel weight (0.883). Similarly, fruit length and height were positively related to fruit weight and kernel weight (0.657 and 0.679; 0.756 and 0.756, respectively). Shell thickness was positively correlated with fruit weight (0.732) and kernel weight (0.586), but negatively correlated with the kernel ratio (-0.590). Among the color parameters, the L^* value was positively related to fruit width (0.711) and height (0.830). The a^* value was negatively related to the kernel ratio (-0.629) and L^* (-0.835). The b^* value showed a positive relationship with the kernel ratio (0.574) and L^* (0.813). Chroma value exhibited a strong positive correlation with fruit width (0.815) and height (0.876), but a negative correlation with the a^* value (-0.586). The Hue^o was positively related to L^* (0.912) and b^* (0.956), but negatively related to a^* (-0.820). Soleimani et al. (2024) found a significant relationship between fruit shape and kernel percentage in different Iranian walnut cultivars, indicating that fruit shape is

an important factor affecting the kernel ratio. Einollahi and Khadivi (2024) reported positive relationships between walnut weight and walnut dimensions, as well as between shell thickness and walnut weight, and generally positive relationships between kernel weight and fruit dimensions. Bernard et al. (2021) and Rezaei et al. (2018) reported a positive correlation between kernel weight and walnut weight. Kabiri et al. (2018), in their study on the morphological and pomological characteristics of walnut genotypes in the Moroccan ecology, found strong negative correlations between kernel weight and fruit length, fruit weight, and kernel color. Conversely, they found a strong positive correlation between kernel weight and kernel ratio. They also reported that fruit weight was positively and strongly related to fruit length and kernel color. Amiri et al. (2010) reported that kernel weight, walnut weight, shell thickness, and ease of kernel extraction from the walnut are the main variables determining kernel percentage and should be considered together in breeding studies. Examining the correlations between traits facilitates breeding programs (Amiri et al. 2010). Strong correlations, especially between size, shape, and weight parameters, can be important for walnut quality and classification.

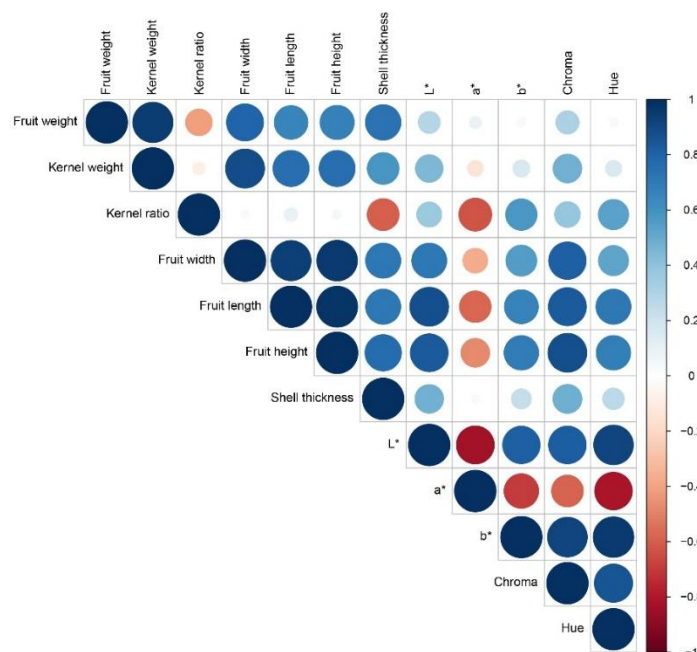


Figure 2. Correlation Analysis Among the Studied Traits in Walnut Cultivars

Principal Component Analysis (PCA) is a widely used statistical technique that reduces the dimensionality of a dataset while preserving as much data variation as possible (Jolliffe and Cadima, 2016). The PCA plot in Figure 3 shows the distribution of walnut cultivars based on their physical and color characteristics. The first two components (PC1 and PC2) explain 88.3% of the total variation, indicating a good summary of the data. PC1 accounts for 61.4% of the total variance and shows a strong relationship with size-related traits such as fruit weight, shell thickness, and kernel weight. The 'Yalova-1' cultivar has the highest positive value on PC1, standing out with its large and plump fruit characteristics. PC2 explains 26.9% of the variance and is associated with color traits such as the a^* value. The 'Pedro' cultivar has a high positive value on PC2, differentiating itself in terms of color characteristics. 'Chandler' exhibits a balanced profile, occupying an average position in terms of both size and color traits, while 'Bilecik' and 'Şebin' are more centrally located, indicating more average characteristics compared to other cultivars. The kernel ratio shows a negative relationship with PC1, indicating an inverse relationship with size. This analysis provides important insights into how walnut cultivars differ based on phenotypic characteristics. Einollahi and Khadivi (2024) reported in their study on walnut genotypes that they included morphological traits in 14 principal components with eigenvalues greater than 1, explaining 72.64% of the total variance. Kabiri et al. (2018) found that the first two components explained 71.29% of the total variation in their study on the relationships between morphological and pomological traits of walnut genotypes. They reported that PC1 had a negative impact on fruit weight and length and kernel color, while it had a positive impact on kernel weight and kernel ratio.

Bernard et al. (2020) found that the first two components (PC1 and PC2) explained 75.5% of the total variance in their study with 161 walnut types and cultivars. They reported that fruit weight, kernel weight, and fruit dimensions contributed highly to PC1, while shape index and shell strength were prominent in PC2. Sallom et al. (2023) reported that the PCA analysis summarized 26 traits into eight principal components, explaining 75.37% of the total variance in their study on the morphological and pomological characteristics of walnut genotypes. They also reported that the first component (PC1) explained 22.92% of the variance and included four important traits such as fruit length, width, weight, and kernel weight, while the second component (PC2) included traits such as leafing date, first female and male flowering, and harvest date, explaining 13.36% of the variance. Bükücü (2023) reported that seven independent components explained 72.51% of the total variation in his study on the pomological diversity of F1 walnuts (*Juglans regia* L.) and the differences between their parents. He reported that the first component (PC1) was defined by factors such as fruit weight, kernel weight, and shell thickness, explaining 26.82% of the variance, while the second component (PC2) was highlighted by factors such as ease of kernel extraction, explaining 13.55% of the variance. According to the findings, size-related traits such as fruit weight, kernel weight, and shell thickness generally contribute highly to the first component, while other traits such as color and shape are prominent in the second component. PCA analysis also provides valuable insights into how walnut cultivars differ in terms of marketability and consumer preferences. Similar results obtained in previous studies demonstrate that PCA can be used as a consistent and reliable method for evaluating walnut cultivars and genotypes.

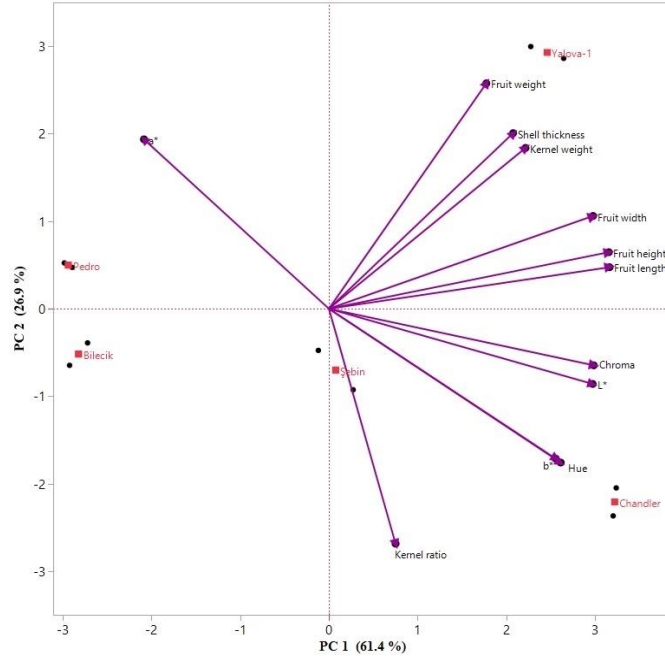


Figure 3. PCA Biplot analysis of the studied walnut cultivars and their traits

4. Conclusion

This study comprehensively evaluated the adaptation capabilities of walnut cultivars studied in the ecology of Tavas (Denizli). Phenological observations indicate that the ‘Bilecik’ cultivar, with its early leafing and flowering characteristics, may be vulnerable to early frost risk but offers the advantage of early harvest. The ‘Chandler’ cultivar, being the latest to leaf and flower, may perform better in the Tavas ecology and be more resistant to late frost risk. The ‘Yalova-1’ cultivar stands out with its large and plump fruit characteristics, while the ‘Chandler’ cultivar exhibits a balanced profile in terms of both size and color traits. ‘Chandler’ also showed the best performance in terms of kernel blackening and yellow color. The ‘Pedro’ and ‘Şebin’ cultivars, displaying more average characteristics, reveal the adaptation capabilities and agricultural productivity potential of the cultivars in the Tavas ecology. As a conclusion, for the region, ‘Chandler’ variety is recommended for high-quality kernel and high kernel ratio, ‘Yalova-1’ for large nut production, and ‘Bilecik’ for early harvest and marketing advantage. These recommendations will enable producers in the region to make

selections according to their objectives (early market, kernel quality, nut size, etc.).

References

- Akça, Y., 1999. Tokat ekolojik koşullarında bazı standart ceviz çeşitlerinin performanslarının saptanması üzerine bir araştırma (1997-1998 Dilimi), Kongre Bildiriler Kitabı, *Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17 Eylül, Ankara, 2:41-46.
- Akça, Y., Yılmaz, S., 2016. Tüplerde yetiştirilen farklı ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerine ait çöğürlerin bazı morfolojik özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3): 157-166.
- Amiri, R., Vahdati, K., Mohsenipoor, S., Mozaffari, M.R., Charles, L., 2010. Correlations between some horticultural traits in walnut. *HortScience*, 45(11): 1690-1694.
- Anonymous, 2023. Turkish State Meteorological Service, (<https://www.mgm.gov.tr/eng/forecast-cit-ies.aspx>), (Access date: 20.06.2024).

- Asma, B.M., Öztürk, K., Zengin, Y., 1999. Malatya bölgesine uygun ceviz çeşitlerinin belirlenmesi. Kongre Bildiriler Kitabı, *Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17 Eylül, Ankara, 27-30.
- Bayazit, S., 2011. Bazı ceviz (*Juglans regia* L.) genotiplerinin Yayladağı (Hatay) koşullarındaki fenolojik özellikleri ve yan dal verimliliği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2): 95-102.
- Bayazit, S., Çalışkan, O., Kılıç, D., 2019. Pomological and chemical properties of some walnut genotypes in central Anatolia. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 36(3): 243-249.
- Bayazit, S., Tefeki, H., Çalışkan, O., 2016. Türkiye’de ceviz (*Juglans regia* L.) araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1): 169-179.
- Bernard, A., Crabier, J., Donkpegan, A., Marrano, A., Lheureux, F., Dirlewanger, E., 2021. Genome-wide association study reveals candidate genes involved in fruit trait variation in persian walnut (*Juglans regia* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Bernard, A., Hamdy, S., Le Corre, L., Dirlewanger, E., Lheureux, F., 2020. 3D characterization of walnut morphological traits using X-ray computed tomography. *Plant Methods*, 16: 1-11.
- Bilgin, N.A., Üründü, H.E., Mısırlı, A., Mansoor, M., 2023. Performances of Walnut Varieties Produced in Kale/Denizli District. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33(1): 88-94.
- Bilgin, S., Şen, F., Özeker, E., Bilgin, N.A., 2018. Bazı ceviz çeşitlerinin menemen ekolojisinde morfolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 31-39.
- Bükücü, Ş.B., 2023. The pomological diversity of F1 walnut (*Juglans regia* L.) progenies and differences between their parents. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4): 807-818.
- Büyüksolak, Z., Aşkin, M., Kahramanoğlu, I., Okatan, V., 2020. Effects of altitude on the pomological characteristics and chemical properties of 'Chandler' walnuts: A case study in Uşak province. *Acta Agrobotanica*, 73(3).
- Çoban, İ., 2020. Chandler, Kaman-1 ve Midland ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerinin fonolojik, pomolojik ve biyokimyasal özelliklerin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir
- Einollahi, F., Khadivi, A., 2024. morphological and pomological assessments of seedling-originated walnut (*Juglans regia* L.) trees to select the promising late-leafing genotypes. *BMC Plant Biology*, 24(1).
- Gerçekcioğlu, R., Gültekin, N., Bayındır, Y., Özataş, Ö., 2019. Hekimhan yöresinde ceviz (*Juglans regia* L.) genotiplerinin seleksiyonu. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(3): 70-81.
- Güller, O., 2020. Sakarya bölgesinde yetiştirilen bazı önemli ceviz genotiplerinin (*Juglans regia* L.) fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Gülsoy, E., Kaya, T., Pehlivan, M., Şimşek, M., 2016. Iğdır ilinden seçilen ceviz (*Juglans regia* L.) genotiplerinin bazı pomolojik ve kimyasal özellikleri. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 31(3): 309-314.
- Güvenç, İ., Kazankaya, A., 2019. Türkiye’de ceviz üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 418-424.
- Jahanban-Esfahlan, A., Ostadrahimi, A., Tabibiazar, M., Amarowicz, R., 2019. A comparative review on the extraction, antioxidant content and antioxidant potential of different parts of walnut (*Juglans regia* L.) fruit and tree. *Molecules*, 24(11): 2133.

- Jolliffe, I.T., Cadima, J., 2016. Principal Component Analysis: A review and recent developments. *philosophical transactions of the royal society a: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065): 20150202.
- Kabiri, G., Bouda, S., Elhansali, M., Haddioui, A., 2018. Morphological and pomological variability analysis of walnut (*Juglans regia* L.) genetic resources from the middle and high atlas of Morocco. *Atlas Journal of Biology*, 575-582.
- Karadeniz, T., Güler, E., Yazıcı, L., 2017. Artvin yöresinde yetişen cevizlerin meyve özellikleri. *Bahçe*, 46(2): 281-287.
- Kırca, S., Yarılgaç, T., Kırca, L., Bak, T., 2014. Study on the selection of walnut (*Juglans regia* L.) in Trabzon. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(Özel Sayı-1): 835-841.
- Koyuncu, M.A., Koyuncu, F., Yıldırım, A., Akıncı, F., Dilmaçunal, T., Vural, E., 2005. Gelincik (Isparta) doğal ceviz genotiplerinin yan dal verimliliği ve meyve özelliklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 34 (1): 73-82.
- Miletić, R., Mitrović, M., Rakićević, M., 2009. The effect of meteorological factors on major properties of selected walnut cultivars. *Plant Science*, 46: 219–223.
- Oruç, G., 2020. Aydın İli Karacasu ilçesi ceviz (*Juglans regia* L.) genotiplerinin seleksiyonu. Doktora Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Rezaei, Z., Khadivi, A., Valizadeh Kaji, B., Abbasifar, A., 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica*, 214(4).
- Salık, M.A., Çakmakçı, S., 2023. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves and green husks: their functional properties, health benefits and potential use in foods. *Akademik Gıda*, 21(1): 90-100.
- Sallom, A., Fatahi, R., Zamani, Z., 2023. Morphological, phenological, and pomological diversity among 130 seed-propagated walnut (*Juglans regia* L.) trees and apomixis study in some selected genotypes. *Erwerbs-Obstbau*, 65(1): 101-113.
- Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D., Mozaffari, M.R., Dastjerdi, R., 2024. Yield related traits in some Persian walnut cultivars: analysis of genetic and genetic by environment interaction. *Advances in Horticultural Science*, 37(4): 367-376.
- Sütyemez, M., Bükücü, Ş.B., Keleş, Ö., Özcan, A., Yıldırım, E., Boyacı, S., 2021. Phenological differences, genetic diversity, and population structure of genotypes obtained from seeds of Kaman-1 walnut cultivar. *Journal of Food Quality*, 1-9.
- Sütyemez, M., Özcan, A., Yılmaz, A., Yıldırım, E., Bükücü, Ş.B., 2022. Determining phenological and genetic variation in genotypes obtained from open-pollinated seeds of ‘Maraş 12’ walnut (*Juglans regia* L.) cultivar. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-16.
- Şen, S.M., 2009. Ceviz yetiştiriciliği, besin değeri, folklorü. Üçüncü Baskı, ÜÇM Yayıncılık. 207s, Ankara.
- Şen, S.M., Karadeniz, T., Beyhan, Ö., 2011. Sorularla ceviz yetiştiriciliği. ÜÇM Yayıncılık, 208s, Ankara.
- Şen, S.M., Kazankaya, A., Yarılgaç, T., Doğan, A., 2006. Bahçeden mutfağa ceviz. Maji Yayınları, 233s, Ankara.

To Cite

Kırca, L., 2025. Evaluation of Phenological and Pomological Characteristics of Walnut Cultivars in the Ecology of Tavas (Denizli). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 152-164.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14590649>.



Tütünde Canavarotu Mücadelesinde Düşük Glyphosate Dozlarının Kullanımına Yönelik Tarla ve in Vitro Çalışmaları

Süleyman Gürdal TÜRKSEVEN ^{1*}

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): suleyman.turkseven@ege.edu.tr

Özet

Bu çalışma, tütün bitkisinin en önemli yabancı ot probleminden biri olan canavarotu ile mücadelede normalde total bir herbisit olan glyphostin düşük dozlarının kullanım olanaklarını araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında ülkemiz açısından önemli tütün çeşitlerinin glyphosate dozlarına karşı direnci karşı belirlenmiştir. Yüksek dozda kullanıldığında total bir herbisit olarak görev yapan glyphosate, düşük dozlarda da denemeye alınmış olsa da, oluşabilecek fitotoksiteyi engellemek amacıyla litrede 1 g sodium 5-nitroguaiacolate, 2 g sodium orto-nitrophenolate ve 3 g sodium para-nitrophenolate içeren bir preparat deneme karakterlerine ilave edilmiştir. Uygulamalar, tütün çeşitlerinin direnç gösterebildiği glyphosate dozları ve alt dozları öncelikle in vitro koşullarda tütüne canavarotu bulaştırılarak gerçekleştirilmiştir ve glyphosatın canavarotuna karşı biyolojik etkinliği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, doğal bulaşık alanlarda tarla denemeleri kurulmuştur. Toplanan canavarotu örneklerin bol dallanma yapısıyla dikkat çeken *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel olarak teşhis edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde gerek kuru ağırlık gerek skala gerekse de klorofil miktarları bakımından glyphosate dozlarına en dayanıklı tütün çeşidi İzmir Özbaş standart tütün çeşididir. Bu çeşit glyphosate 4 ml da⁻¹ aktif madde dozuna kadar ard arda onar gün aralıklarla uygulandığında dahi dayanıklı bulunmuştur. Bu durum hedeflendiği gibi tütünde canavarotu mücadelesinde kullanılabilmek için ümitvar bulunmuştur.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :08.09.2024

Kabul Tarihi :22.10.2024

Anahtar Kelimeler

Tütün
canavarotu
mücadele
glyphosate
atonik

Field and In-Vitro Studies on the Use of Low Glyphosate doses for Broomrape Control in Tobacco

Abstract

This study was conducted to investigate the potential use of low doses of glyphosate, normally a recommended herbicide, for controlling broomrape that is one of the most significant weed problems in tobacco cultivation. In the first stage of the study, the resistance of tobacco varieties, important for our country, to different doses of glyphosate was determined. Although glyphosate, which acts as a perfect herbicide at high doses, was also tested at lower doses and Atonik containing 1 g sodium 5-nitroguaiacolate, 2 g sodium orto-nitrophenolate, and 3 g sodium para-nitrophenolate per liter was added to the experimental treatments to prevent potential phytotoxicity. Applications were conducted using doses and sub-doses of glyphosate that tobacco varieties could tolerate. Broomrape was inoculated into tobacco plants under in vitro conditions, and the biological efficacy of glyphosate against broomrape was determined. Based on the obtained results, field trials were established in naturally infested areas. The collected broomrape samples were identified as *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel, characterized by its prominent branching structure. When the results were evaluated in terms of dry weight, scale values, and chlorophyll content, the İzmir Özbaş standard tobacco variety proved to be the most resistant to glyphosate doses. This variety was found to be resistant even when glyphosate was applied at intervals of ten days up to a dose of 4 ml da⁻¹ active ingredient. This result was considered promising for potential use in broomrape control in tobacco, as intended.

Research Article

Article History

Received :08.09.2024

Accepted :22.10.2024

Keywords

Tobacco
broomrape
management
glyphosate
atonik

1. Giriş

Tarımsal üretimde bitki koruma sorunlarından dolayı yaklaşık %35'lik bir azalış söz konusu olup, bunun da yaklaşık %10'u yabancı otlardan kaynaklanmaktadır (Güncan, 2013, Ahmad ve ark., 2023). Bu yabancı otlar içerisinde de tam parazit olan Canavarotları (*Orobancha* spp. ve *Phelipanche* spp.) ayrı bir öneme sahiptir. Yoğun bulaşıklığın olduğu alanlarda canavarotları tek başına %50'nin üzerinde ürün kayıplarına neden olabilmekte verdiği bu kayıplarla tüm bitki koruma etmenlerinin önüne geçebilmektedir (Cvejić ve ark., 2020). Canavar otlarının önemi, parazitlediği bitkiden beslenmesi, bitkiler alemindeki en küçük tohumlu bitkiler içerisinde olması, bu nedenle de tohumlarının çok kolayca temiz alanlara taşınabilmesi, bir bitkinin yüzbinlerce tohum üretmesi, üretilen bu tohumların toprakta canlılığını yitirmeden on yılı aşkın süre kalabilmesi ve en son olarak da tüm konukçularında uygulanabilecek ekonomik ve etkili mücadelesinin olmayışından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu yabancı otlar konukçu olduğu bitki ile sıkı bir ilişkisinin olması nedeniyle mücadelesi zor olan yabancı otlardır. Dünyada pek çok ülkede ve yurdumuzda bazı önemli kültür bitkilerinin (baklagiller, domates, patates, tütün vb.) üretimi canavarotları (*Orobancha* spp. ve *Phelipanche* spp.) tarafından düşük seviyede kalmaktadır (Das ve ark., 2020; Jabran ve ark., 2023). Bu tehlike nedeni ile canavar otlarının konukçusu olduğu kültür bitkilerinin ekim alanı bazı ülkelerde her geçen yıl daralmakta, canavar otu ile ağır bulaşık tarlalarda üreticiler üretim yapmaktan vazgeçmektedirler. Ülkemizde de canavarotu ile bulaşık alanlarda tütün üretiminden vazgeçilmek zorunda kalan tarlalar mevcuttur (Üremiş ve ark., 2023).

Glyphosate uygulaması bazı bitkiler için (bakla, tütün, havuç) önerilmekte, bazıları için (domates, ayçiçeği, patlıcan, bezelye) ise önerilmemektedir (Bakewell-Stone, 2024). Castejón-Muñoz ve ark. (1980), ayçiçeğinde glyphosate uygulamasının (ekimden 6-7 hafta sonra; 72-108 g ha⁻¹) *Orobancha* mücadelesinde iyi bir kontrol sağladığını

belirlemişlerdir. Bu herbisit düşük dozda (60-80 g ha⁻¹) post-emergens (çıkış sonrası) olarak bazı kültür bitkilerinde önerilmektedir. Glyphosatın baklada kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Düşük dozda glyphosata NPK ilavesinin bu paraziti kontrol ettiği ve fitotoksitenin de azaldığı bildirilmektedir (Haidar ve Shdeed, 2015).

Günümüz tarım teknikleri içerisinde bu kadar önemli bir parazit bitki ile mücadele edilmeksizin üretim yapmak olası değildir. Tütünde tarla aşamasında diğer yabancı otlarla mücadele etmek zor olmamakla birlikte canavarotu ile bulaşık alanlarda parazit bir bitki olması sebebiyle mücadele oldukça zor olmakta, kaldı ki tütünde bu kültür bitkisinde canavarotuna karşı ruhsatlı olan imazapic etkili maddeli herbisitün yasaklanması ile birlikte kimyasal mücadele ile ilgili herhangi bir alternatif kalmamış bulunmaktadır.

Tüm bunlardan yola çıkarak planlanan çalışmada; Tütünün en önemli yabancı ot probleminden biri olan canavarotu ile mücadelede normalde total bir herbisit olan glyphosatın düşük dozlarının canavarotu mücadelesinde kullanılma olanakları araştırılmıştır. Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi glyphosate düşük dozda uygulandığında bazı *Orobancha* türlerine etkili olup, konukçusu olan bitkilerde de fitotoksik olmayabilmektedir. Ancak çelişkili sonuçların alındığı da dikkat çekmektedir. Bu nedenle özellikle glyphosatın düşük dozlarıyla ilgili ayrıntılı çalışmalara gerek duyulmaktadır. Elde edilen veriler canavarotunun problem olduğu diğer önemli kültür bitkileri için değerlendirmeye alınıp, bu kültür bitkilerinin fizyolojileri ve özellikleri de göz önünde bulundurulup benzer araştırmalarla çözüme katkı sağlanacağı da yadsınamaz. Canavarotuna probleminin çözümüne katkı sağlaması açısından araştırmacının olası olumlu sonuçları bu yönüyle de büyük önem arz etmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel materyal

Denemelerin ana materyalinin temini için canavarotu tohumları toplanması

gerekmektedir. Bunun için canavarotu ile doğal bulaşık alanlar Denizli'nin Tavas ilçesi, İzmir'in Torbalı İlçesi tütün alanlarından canavarotları toplanmıştır. Tütün bitkisinde ise ülkemizde en çok kullanılan çeşitlerden Sarıbağlar 407, Akhisar 97 ve İzmir-Özbaş tütün çeşitleri tedarik edilmiştir.

2.2. Canavarotu tohumlarının toplanması ve teşhisi

Arazi çıkışları sırasında toplanan canavarotu tohumlarının türleri kesin teşhisleri için örnekler alınmıştır, toplanan bu örnekler türkiye florasına göre teşhis edilmiştir (Davis, 1988).

2.3. Canavarotu tohumlarında dormansinin kırılması için kullanılacak materyal

Dormansinin kırılması için Denizli'nin Tavas İlçesi, İzmir'in Torbalı İlçesi tütün alanlarından toplanan canavarotları +4 °C'de 3 ay buzdolabında muhafaza edilmiştir. Dormansinin kırılması için soğukla muamelenin yanısıra %0.1'lik KNO₃ ile muamele edilmiştir.

2.4. İlaçlamada kullanılacak materyal

Uygulama sırasında glyphosate (480 g l⁻¹ glyphosate isopropil amin tuzu) ve ilave olarak litrede 1 g Sodyum 5-nitroguaiacolate, 2 g sodyumorto-nitrophenolate, 3 g sodyum para-nitrophenolate içeren preparat (Atonik- Cansa Kimya) karakterlerine ilave edilmiştir.

2.5. Tütün çeşitlerinde glyphosate dozlarının belirlenmesi

Ülkemiz Tütün üretimi yapılan alanların %40'ında Sarıbağlar 407, %20'sinde Akhisar 97, %20'sinde İzmir-Özbaş tütün çeşidi tercih edilmektedir kalan %20 lik kısımda ise diğer

tütün çeşitleri tercih edilmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında üretimin %80'nin de tercih edilen bu üç çeşidin glyphosate dozlarına olan direnci belirlenmiştir. Yüksek dozda kullanıldığında total bir herbisit olarak görev yapan glyphosate her ne kadar düşük dozlarda da denemeye alınacak da olsa; oluşabilecek fitotoksiteyi engellemek açısından bazı aminoasitli ve sodyum türevleri içeren preparatlar litrede 1 g sodyum 5-nitroguaiacolate, 2 g sodyumorto-nitrophenolate, 3 g sodyum para-nitrophenolate içeren preparat deneme karakterlerine ilave edilmiştir. Bu üç preparat tavsiye edildikleri dozlarda tank karışımı olarak tek seferde deneme karakterlerine ilave edilmiştir. Ancak herbisitle olası bir etkileşime girmemesi için herbisit uygulamasından 48 saat sonra ayrıca uygulaması yapılacaktır. Bu karışımın uygulanması ile olası fitotoksite durumunda bitkilerin amino asit, sodyum türevleri elementleri katkısı ile toparlanması hedeflenmiştir.

Her üç çeşit üzerinde aşağıdaki herbisit dozları denemeye alınmıştır. Denemelerde aynı dozlar bir, iki ve üç uygulama şeklinde karakterler oluşturulmuş. Birinci uygulamalar fide dikiminden 15 gün sonra, ikinci uygulama 25.gün, üçüncü uygulama ise fide dikiminin 35.gününde yapılmıştır. Uygulama zamanlarının bu şekilde planlanmasının sebebi canavarotunun biyolojisi ile ilgili literatürler incelendiğinde ilk penetrasyon uygun koşullarda 17. günde başlamakta ve canavarotunun konukçusunun köküne tutunma süreci artarak devam etmektedir. Tablo 1'de bahsedilen uygulamalar ile ilgili ayrıntılı bilgi bulunmaktadır. Tablo 1'deki uygulamalar üç tütün çeşidine de ayrı ayrı uygulanmıştır.

Tablo 1. Tütün çeşitlerine uygulanan deneme karakterleri**Table 1.** Trial characters applied to tobacco method

Dozlar	Uygulamalar
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	G
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	G+A
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	Gx2
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	Gx2+A
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	Gx3
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	Gx3+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	2G
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	2G+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	2Gx2
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	2Gx2+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	2Gx3
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	2Gx3+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	4G
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	4G+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	4Gx2
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	4Gx2+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	4Gx3
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	4Gx3+A
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	8G
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	8G+A
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	8Gx2
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	8Gx2+A
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	8Gx3
8 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	8Gx3+A
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	16G
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	16G+A
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	16Gx2
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	16Gx2+A
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	16Gx3
16 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	16Gx3+A
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	32G
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	32G+A
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	32Gx2
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	32Gx2+A
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate t (üç uygulama)	32Gx3
32 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	32Gx3+A
Uygulamasız kontrol	K
Uygulamasız kontrol + Sadece Atonik uygulaması (bir uygulama)	K+A1
Uygulamasız kontrol + Sadece Atonik uygulaması (iki uygulama)	K+A2
Uygulamasız kontrol + Sadece Atonik uygulaması (üç uygulama)	K+A3

Her bir çeşit için 40 farklı uygulama yapılmıştır, bu uygulamalar kontrollü koşullarda tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir tekerrürde bir saksı bir tütün bitkisi üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Aynı deneme üç farklı tütün çeşidi üzerinde denenmiş toplamda 360 saksı ile çalışmalar yürütülmüştür. Uygulamalardan 1 hafta ve 2 hafta sonra fitotoksite değerlendirmeleri yapılmıştır.

Değerlendirme yapılırken 0-5 skalasının yanısıra klorofil ölçer yardımıyla (Konika-Minolta chlorophyll meter SPAD-502 plus) her bir uygulamadaki klorofil yoğunluğu saptanıp fitotoksite belirlenmiştir. Fitotoksite belirlenebilmesi için bir diğer kriter uygulamadan 4 hafta sonra tütün bitkileri kök boğazından hasat edilip kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıklar belirlenmesi için

kesilen bitkiler Etüvde 65 °C de 48 saat kurutulup, hassas terzide tartılmıştır.

2.6. İn vitro koşullarda glyphosate dozlarının canavarotuna etkisinin belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşamasının sonuçlarına göre glyphosata en dayanıklı tütün çeşidi seçilmiştir, bu çeşide en yüksek fitotoksik olmayan doz ve alt dozları denemeye alınmıştır. Çalışmanın ilk bölümünden farklı olarak tütün fidelerinin dikimi sırasında her bir saksıya eşit oranda canavarotu tohumları (150

mg tohum saksı⁻¹) bulaştırılmıştır ve tütün fideleri dikilmiştir (Şekil 1). Uygulamalar tütün fidelerinin dikiminden itibaren 15. günden itibaren başlayarak 35.güne kadar devam edilmiştir. Yapılan uygulamalar uygulamaz kontrol ile kıyaslanıp uygulamaların canavarotuna etkisi belirlenmiştir. Canavarotu çıkışları ile birlikte her bir uygulamadaki canavarotu dal sayısı belirlenerek ve canavarotu kuru ağırlıkları alınarak bunlar üzerinden Abott Formülü yardımıyla % etkiler belirlenmiştir.



Şekil 1. Canavarotu tohumlarının tütün fidelerine bulaştırılması
Figure 1. Infection of broomrape seeds on tobacco seedlings

2.7. Tarla koşullarında glyphosate dozlarının canavarotuna etkisinin belirlenmesi

Bir önceki çalışmada belirlenen canavarotuna yeterli etkideki dozlar doğal bulaşık alanlarda ve tarla koşullarında denemeye alınmıştır. İzmir İli Torbalı İlçesi Oğlananası köyünde kurulan denemede yeteri kadar ve homojen canavarotu çıkışı olmadığı için; Denizli İli Beyağaç ilçesi Kızılağaç köyünde deneme tekrar edilmiştir. Denemeler değerlendirilirken canavarotuna etkisinin yanı sıra tütünün verim ve kalitesine etkisi de değerlendirilmiştir. Bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak eni ve boyu, yaş ve kuru yaprak verimi belirlenmiştir.

2.7.1 Bitki boyu (cm)

Kök boğazından çiçek salkımına kadar (en son yaprağın sapla birleştiği yer) olan uzunluk olarak ölçülmüştür.

2.7.2 Yaprak sayısı (adet bitki⁻¹)

Kök boğazından çiçek salkımına kadar olan yapraklar sayılarak bulunmuştur.

2.7.3 Yaş kuru yaprak verimi (kg da⁻¹)

Her parselde hasat edilen ürünün sera koşulunda kurutulup tartılması ve verilerin dekara çevrilmesi ile bulunmuştur. Denemelerde serada denemelerinde en iyi sonuçların alındığı İzmir Özbaş Tütün çeşidi dikilmiştir. Fide dikiminden 15 gün sonra birinci çapanın ardından ilk ilaçlama 15. gün, 25. gün ikinci ve 35. gün üçüncü ilaçlamalar yapılmıştır. Yapraklar üreticiye ait serada kurutulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Tütün çeşitlerinde glyphosate dozlarının belirlenmesi

Üç farklı tütün çeşidinde glyphosatın fitotoksik olmayan dozlarının belirlenmesi

amacıyla uygulama yapılan bitkilerin her üç tütün çeşidinde klorofil miktarları, 0-5 sklasına göre fitotoksite değerleri ve bitkilerin kuru ağırlıkları değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kontrol grubunda ve 16 ml da⁻¹ aktif madde glyphosata kadar olan düşük doz uygulamalarında klorofil içeriklerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (Tablo 2). 32 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulamasında ise tüm bitkiler ölmüştür. Aynı sonuçlar İzmir-Özbaş, Akhisar ve Sarıbağlar'ndaki tüm popülasyonlarda gözlemlenmiştir. Ölçek

değerleri de uygulamalar arasında farklılık göstermiştir (Tablo 3). Kontrol uygulamasında değer sıfır iken, 32 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulamasında maksimum değer olan 5 olarak belirlenmiştir. En yüksek kuru biyokütle, glyphosate uygulanmayan kontrol uygulamasında gözlemlenmiştir (Tablo 4). En düşük kuru biyokütle, 16 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulamasında kaydedilirken, 36 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulanan denemede değer sıfır bulunmuştur.

Tablo 2. İzmir-Özbaş, Sarıbağlar ve Akhisar 97 tütün çeşidi Atonik uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin klorofil ölçüm sonuçları

Table 2. Chlorophyll measurement results of plants with and without Atonic application of 97 tobacco varieties in İzmir-Özbaş, Sarıbağlar and Akhisar

	İZMİR-ÖZBAŞ								SARIBAĞLAR								AKHİSAR							
	A (-)				A (+)				A (-)				A (+)				A (-)				A (+)			
K	56.3	46.5	50.5	53.9	59.4	44.2	47.7	50.2	47.2	49.1	49.6	42.1	42.8	45.3	44.3	46.4	45.2	44	37.1	53.1	49.1	53.9	YOK	51.9
K	56.3	54.2	46.6	57.7	54.9	54	50	55.8	43.9	45.2	47.7	30.9	40	43.6	44.2	43.6	47.6	46.1	42.8	47.6	44.4	45	50.3	47.3
G	56.5	62.7	58.2	55.3	53.7	40.4	58.5	61.6	57.5	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	43.6	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	37.5	ÖLÜ	66.8	52	49.4	54.3
Gx2	54.9	52.4	59	59.1	60.1	51	62.7	56.3	ÖLÜ	ÖLÜ	40.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	52.7	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	54.4	55.3	50.8	57
Gx3	58.4	57.8	56	23.9	YOK	52.9	59	54.5	48.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	51.5	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	52.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	48.7	62.1	51.8	55.1
2G	61.8	62.9	59.5	60.3	39.1	64.1	62.1	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	46.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	57.5	52.3	ÖLÜ	50.8	64.1	59.1	ÖLÜ	60.9
2Gx2	ÖLÜ	63.2	58.2	54.6	61.3	57.1	57.7	65.9	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	43.8	39.1	50.1	63.4	54.8	54.5	56.7	52.9
2Gx3	40.5	62.8	60.8	68.6	60.4	61.4	58.7	60.2	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	55	47.8	49.7	62.3	59.4	63	56.1	ÖLÜ
4G	56.7	63.4	58	60	53.3	66.5	58.7	67	52.3	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	41.9	58.3	ÖLÜ	43.5	35.5	51.4	50	ÖLÜ	68.5	58.7	59.2	62.4
4Gx2	59.6	56.6	63.8	55.5	57.5	47.6	60.8	62.2	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	37.1	60.5	50.7	50	ÖLÜ	54.3	49.8	51.8	38.9
4Gx3	42.1	66.8	61.3	65.3	47.4	61.2	49.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	47.4	45.3	ÖLÜ	55.3	49	ÖLÜ	48.6	57.6	47.2	ÖLÜ	56.3
8G	64.4	42.2	68.8	ÖLÜ	51.2	54.6	63.5	55.8	53.9	ÖLÜ	ÖLÜ	56.3	48	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	68.3	ÖLÜ	58.9	61.1	52.4	49.5	ÖLÜ	57.8
8Gx2	60.7	64.3	YOK	65.1	57.2	66.2	60.9	YOK	50.3	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	62.2	57.4	59.1	47	61.5	50	46.1	60.8
8Gx3	62.4	60.5	58.6	55.9	60.4	56.2	60.4	64.1	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	50.5	ÖLÜ	46.5	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	56.6	39.4	67.5	49.8	57.7	56.9
16G	62.7	20.4	63.8	63.9	ÖLÜ	34.6	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	54.4	43.5	51.3	ÖLÜ	33.7	52.1	ÖLÜ	58	56.3	50.6	58.5	52	49	56.5	51.9
16Gx2	ÖLÜ	ÖLÜ	58	ÖLÜ	63.8	ÖLÜ	ÖLÜ	52.9	36.8	ÖLÜ	33.9	ÖLÜ	50.8	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	53.9	ÖLÜ	59.3	ÖLÜ	ÖLÜ	55.9	54.2
16Gx3	62	66.4	51.3	60	64.4	ÖLÜ	63.7	ÖLÜ	49	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	64.6	50.3	53.2	46.2	53.4	48.8	49.1	54.1
32G	ÖLÜ	ÖLÜ	50.1	ÖLÜ	ÖLÜ	27.3	ÖLÜ	66.4	35.3	27.5	45.3	51.9	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	55.9	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ
32Gx2	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	47.4	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	32.2	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	52	ÖLÜ
32Gx3	ÖLÜ	ÖLÜ	66.1	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	48.9	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ	ÖLÜ

Tablo 3. İzmir Özbaş, Sarıbağlar ve Akhisar 97 tütün çeşidi Atonik uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin skala değerlendirme sonuçları**Table 3.** Scale evaluation results of 97 tobacco varieties from İzmir Özbaş, Sarıbağlar and Akhisar with and without Atonic application

	İZMİR-ÖZBAŞ								SARIBAĞLAR								AKHISAR											
	A (-)				A (+)				K (-)				K (+)				K (-)				K (+)							
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	2	5	1	1	1	1	1
Gx2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	5	5	3	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	0	1	0	1	1
Gx3	0	0	1	4	5	1	1	2	2	5	5	5	5	3	5	5	5	5	1	5	5	5	0	1	0	0	0	
2G	1	1	1	2	1	2	2	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	3	1	3	1	1	1	1	1	3	1	
2Gx2	5	1	1	1	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	
2Gx3	2	2	2	2	2	1	1	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	1	2	2	2	2	3	3	3	
4G	2	1	1	2	1	1	2	1	1	5	3	5	5	3	2	5	5	2	1	1	5	1	1	1	1	1	1	
4Gx2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	3	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	
4Gx3	2	2	2	2	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5	2	2	5	3	1	4	4	1	0	5	2	2	2	
8G	2	3	2	5	3	2	2	2	2	2	5	5	2	3	5	5	5	2	5	2	2	1	2	4	1	1	1	
8Gx2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	2	4	5	5	5	5	5	5	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	
8Gx3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	2	5	2	5	5	5	2	3	2	1	2	2	2	2	
16G	2	3	2	2	5	3	5	5	5	5	2	3	3	5	3	2	5	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	
16Gx2	5	5	1	5	2	5	5	3	3	4	5	4	5	2	4	5	5	5	2	3	2	5	5	2	2	2	2	
16Gx3	1	1	2	1	2	5	2	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	
32G	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
32Gx2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
32Gx3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tablo 4. İzmir Özbaş, Sarıbağlar ve Akhisar 97 tütün çeşidi Atonik uygulanan ve uygulanmayan bitkilerin kuru ağırlık sonuçları**Table 4.** İzmir Özbaş, Sarıbağlar and Akhisar 97 tobacco varieties Dry weight results of Atonic applied and non-applied plants

	İZMİR-ÖZBAŞ								SARIBAĞLAR								AKHISAR										
	A (-)				A (+)				A (-)				A (+)				A (-)				A (+)						
K	8.2	8.6	7.0	7.5	7.8	7.9	7.7	7.4	7.4	7.9	8.4	7.0	8.1	8.2	7.7	7.8	7.5	7.2	6.3	7.8	7.5	7.8	7.5	7.1	7.1	7.1	7.1
K	7.9	8.0	8.42	8.6	8.0	8.3	7.7	9.0	7.1	7.5	7.9	6.8	6.9	7.5	6.4	7.8	7.7	8.6	8.8	8.2	8.0	8.7	8.2	8.6	8.6	8.6	8.6
G	6.7	7.6	7.4	6.8	6.8	6.4	7.1	6.9	6.5	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	6.5	0	7.1	7.7	7.3	6.2	6.2	6.2	6.2
Gx2	7.5	6.9	7.2	7.7	6.5	7	7.9	7.0	0	0	6.1	0	0	0	6.8	0	0	0	0	0	7.4	7.1	7.4	7.1	7.1	7.1	7.1
Gx3	7.3	7.7	6.4	5.9	6	6.7	4.6	6.0	6.2	0	0	0	5.7	0	0	0	6.5	0	0	0	6.7	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2G	7.1	6.5	7.0	6.8	5.5	6.3	6.4	5.2	0	0	0	5.7	0	0	0	0	5.6	5.0	0	6.4	5.9	6.0	0	6.2	6.2	6.2	6.2
2Gx2	5.3	7.5	7.2	6.7	6.4	6.5	7.6	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	6.2	5.0	6.2	6.4	6.5	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
2Gx3	5.5	7.0	6.6	6.1	5.3	6.2	6.0	5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9	6.3	6.0	6.6	6.6	6.5	6.3	5.9	5.9	5.9	5.9
4G	6.1	7.1	6.0	4.2	6.1	6.4	6.2	6.8	5.5	0	0	0	5.2	0	0	5.6	5.6	5.6	6.0	0	6.3	6.0	6.1	6.8	6.8	6.8	6.8
4Gx2	6.9	5.9	6.2	6.4	6.7	6.8	6.8	6.0	0	0	0	0	0	0	0	6.1	6.4	6.5	8.2	0	6.9	7.6	7.4	6.6	6.6	6.6	6.6
4Gx3	5.9	6.8	6.0	6.1	5.5	6.4	6.6	4.9	0	0	0	0	0	5.6	6.1	0	5.6	6.0	0	5.7	6.4	6.9	0	5.6	5.6	5.6	5.6
8G	5.8	4.5	6.5	5.0	4.7	5.7	6.0	5.1	5.2	0	0	5.6	5.0	0	0	0	6.2	0	6.3	6.0	5.9	5.9	0	5.8	5.8	5.8	5.8
8Gx2	5.8	5.9	0	6.1	5.9	5.9	5.4	6.5	6.6	0	0	0	0	0	0	0	5.4	6.6	6.4	6.0	5.7	6.2	5.7	4.8	4.8	4.8	4.8
8Gx3	5.5	6.1	6.3	5.9	6.1	0	4.8	5.2	0	0	0	0	5.3	0	5.2	0	0	0	5.3	6.0	5.6	5.9	5.3	5.9	5.9	5.9	5.9
16G	5.9	4.2	5.5	6.1	0	3.5	0	0	0	5.6	4.6	4.6	0	4.1	5.7	0	5.3	5.4	4.8	5.9	4.6	4.6	5.7	5.4	5.4	5.4	5.4
16Gx2	4.6	0	6.5	0	5.3	0	0	4.3	5.2	0	5.1	0	4.7	0	0	0	0	6.1	0	6.0	0	0	4.3	6.3	6.3	6.3	6.3
16Gx3	6.2	6.8	5.5	5.2	5.9	0	5.5	0	5.0	0	0	0	0	0	0	0	5.1	6.0	6.0	6.1	5.5	6.4	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8
32G	0	0	4.6	0	0	4.6	0	4.4	4.5	4.6	4.6	3.4	0	0	0	4.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32Gx2	0	0	0	0	0	0	0	4.4	7.4	7.9	8.4	7.0	8.1	8.2	7.7	7.8	7.5	7.2	6.3	7.8	7.5	7.8	7.5	7.1	7.1	7.1	7.1
32Gx3	0	0	5.3	4.3	4.1	0	0	0	7.1	7.9	7.9	6.8	6.9	7.5	6.4	7.8	7.7	8.6	8.8	8.2	8.0	8.7	8.2	8.6	8.6	8.6	8.6

3.2. İn vitro koşullarda glyphosate dozlarının canavarotuna etkisinin belirlenmesi

Bir önceki çalışmanın sonuçlarına göre İzmir Özbaş çeşidinin diğer çeşitlere oranla

glyphosate düşük dozlarına daha dirençli çıkmıştır. Bu yüzden invitro koşullarındaki çalışmalara İzmir-Özbaş çeşidi ile devam edilmiştir. Seçilen çeşitle Tablo 5'deki çeşitler denenmiş ve canavar otuna etki dikkate alınmıştır.

Tablo 5. İn vitro denemeleri için seçilen deneme karakterleri**Table 5.** Experimental characters selected for in vitro experiments

Dozlar	Uygulamalar
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	G
1 ml/da aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	G+A
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	Gx2
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	Gx2+A
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	Gx3
1 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	Gx3+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	2G
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	2G+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	2Gx2
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	2Gx2+A
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	2Gx3
2 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	2Gx3+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (bir uygulama)	4G
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (bir uygulama)	4G+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (iki uygulama)	4Gx2
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (iki uygulama)	4Gx2+A
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate (üç uygulama)	4Gx3
4 ml da ⁻¹ aktif madde glyphosate + Atonik (üç uygulama)	4Gx3+A

In vitro çalışmanın sonuçları, en yüksek canavarotu sayısının glyphosate uygulanmayan kontrol uygulamasında gözlemlendiğini gösterdi (Tablo 6). Canavarotu sayısı, dozların artmasıyla azalmıştır ve 4 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulamasında neredeyse sıfıra inmiştir. Ancak, atonik uygulaması herhangi bir etki

göstermemiştir. En yüksek canavarotu klorofil içeriği, glyphosate uygulanmayan kontrol uygulamasında gözlemlenmiştir (Tablo 7). Canavarotu klorofil içeriği, dozların artmasıyla azalmıştır ve 4 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulamasında en düşük seviyeye inmiştir. Ancak, atonik uygulaması klorofil içeriği üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir.

Tablo 6. Canavarotu sayım sonuçları (adet saksı⁻¹)**Table 6.** Broomwort count results (pieces pot⁻¹)

	İzmir-Özbaş							
	Atonik (-)				Atonik (+)			
K	3	5	6	3	7	3	4	4
K	3	4	3	5	5	3	4	3
G	1	3	3	4	2	1	1	4
Gx2	1	2	1	1	3	3	2	3
Gx3	1	0	2	2	3	2	1	2
2G	1	2	1	0	2	1	0	1
2Gx2	4	0	1	1	0	4	5	5
2Gx3	1	0	0	0	2	1	0	0
4G	0	1	2	0	1	1	0	1
4Gx2	0	1	1	0	0	0	2	2
4Gx3	0	0	1	0	2	1	0	1

Tablo 7. Tütün klorofil miktarları**Table 7.** Tobacco chlorophyll amounts

	İzmir-Özbaş							
	Atonik (-)				Atonik (+)			
K	58.8	69.9	69.5	73.2	68.2	69.2	71.2	69.1
K	64.7	66.5	67.5	78.2	70.1	63.2	62.3	59.8
G	55.4	68.4	63.5	51.2	41	54	41.2	61
Gx2	66.5	58.8	69.9	69.2	71.2	69.1	78.2	70.1
Gx3	68.4	63.5	61.1	58.4	68.1	67.3	66.5	67.5
2G	68.4	63.5	51.2	69.1	78.2	70.1	59.6	58.9
2Gx2	61.1	58.4	68.1	67.3	58.8	69.9	67.2	67
2Gx3	53.2	54.1	54.3	58.9	54	48	44	47.1
4G	69.9	69.2	71.2	63.5	61.1	58.4	48.2	47.1
4Gx2	54	48.7	59.3	53.2	54.1	54.3	58.9	44.9
4Gx3	44	47.1	46.3	45.5	43.2	44.5	46.6	45

3.3. Tarla koşullarında glyphosate dozlarının canavarotuna etkisinin belirlenmesi

Gerek ilk çeşit seçim denemeleri gerekse bir önceki invitro denemelerinde alınan sonuçlar dikkate alındığında özellikle fitotoksiteyi değerlendirmek için klorofil miktarlarının değerlendirildiğinde glyphosate uygulamalarına atonik uygulandığında fitotoksiteyi engellemesi adına olumlu bir etki bulunmadığı ayrıca bu preparatın ilavesinin canavarotu çıkışına da bir etki söz konusu

olmadığı için tarla denemelerinde atonik ilave edilen dozlar alınmamıştır. Tarla denemesi sonuçları irdelendiğinde canavarotuna etkisi bakımından aşağıdaki Tablo 8 ve 9 ile durum özetlenebilir. Kontrol uygulamasında %0 kontrol sağlanırken, glyphosate uygulaması ile olumlu sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek kontrol, 2.4 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate uygulandığında sağlanmıştır. Atonik seviyeleri, kontrol yüzdesi veya toksisite düzeyleri üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir.

Tablo 8. Tarla denemesi sonuçları (Canavarotuna etki)**Table 8.** Field trial results (Effect on monsterweed)

Karakter	Canavarotu ortalaması adet m ⁻²	% etki*
K	120.25	0 e
G	75.225	37.44 c
Gx2	74.00	38.46 bc
Gx3	74.35	38.17 c
2G	76.75	36.17 cd
2Gx2	77.25	35.75 cd
2Gx3	73.00	39.29 b
4G	74.25	38.25 bc
4Gx2	71.50	40.54 a
4Gx3	70.75	41.16 a

*Farklı harfler farklı istatistikî grupları ifade etmektedir, (p≤0,005 önem seviyesinde Dancun testine göre)

Tablo 8’de özetlenen tarla koşullarında da canavarotuna karşı istatistikî olarak kontrol parsellerinden farklı ümitvar etkili sonuçlar

bulunsa da; bu etkinin verim ve kaliteye olan yansımaları Tablo 9’de görülmektedir.

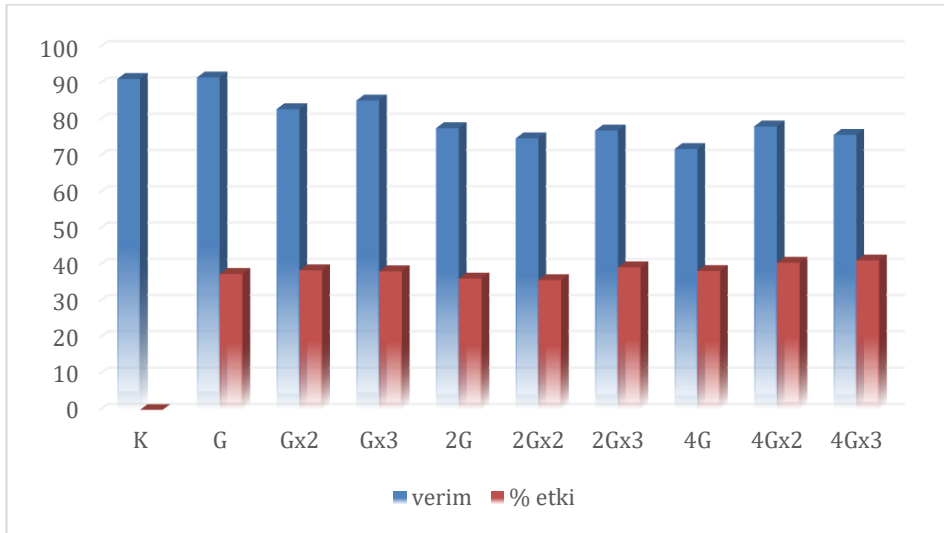
Tablo 9. Tarla denemesi sonuçları (verim ve kalite)**Table 9.** Field trial results (Yield and quality)

Karakter	Bitki boyu (cm)	Yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)*
K	75.225	28.50	91.2 a
G	74	28.25	91.6 a
Gx2	74.35	28.00	82.875 b
Gx3	76.75	28.25	85.25 b
2G	77.25	28.25	77.625 c
2Gx2	73	27.75	74.825 d
2Gx3	74.25	28.75	76.975 c
4G	71.5	24.75	71.9 e
4Gx2	70.75	23.50	78.1 bc
4Gx3	70.75	21.75	75.8 d

*Farklı harfler farklı istatistikî grupları ifade etmektedir, ($p \leq 0,005$ önem seviyesinde Dancun testine göre)

Tarla denemesinde canavarotuna karşı yüksek başarı elde edilen karakterlerin verim ve kalite sonuçlarına bakıldığında bitki boyunun kısaldığı buna bağlı olarak bitki başına düşen yaprak sayısının azaldığı ve

verimin düştüğü de göz ardı edilmemelidir. Tarla denemelerinde canavarotuna etki ile verim arasındaki korelasyon aşağıdaki grafikte gösterilmektedir (Şekil 2).

**Şekil 2.** Canavar otuna etki ile verim arasındaki korelasyon (Grafik değişti)**Figure 2.** Correlation between impact on broomrape and yield (Graph changed)

4. Tartışma

Bu çalışmalar 3 farklı aşamada yürütülmüş ve değerlendirmeye alınmıştır. İlk olarak invitroda tütün türlerinin glyphosata reaksiyonları belirlenmiş, alınan sonuçlara göre invitroda dayanıklı tütün çeşidinde canavarotu bulaşık iken etki ve doz response çalışmaları yürütülmüş oradan alınan sonuca

göre de tarla denemeleri şekillendirilmiştir. Tarla denemelerinde sadece etki ve fitotoksite değil verim ve kalite özellikleri de dikkate alınmış pratiğe yönelik önemli sonuçlar elde edilmiştir. Gerek ana materyali için tohum toplanan bitkilerden alınan örnekler gerekse tarla denemelerindeki canavarotu bitkileri *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel olarak teşhis edilmiştir (Davis, 1988). Birçok çalışmada bu

türün tütünün en önemli konukçusu olduğu belirtilmiştir (Bernhard ve ark., 1998; Hassanein ve Salim, 1999; Nemli ve Emiroğlu, 1993; Srinivas ve ark., 2024; Hema ve ark., 2024). Tablo 2-4 incelendiğinde gerek kuru ağırlık gerek skala gerekse de klorofil miktarları bakımından glyphosate dozlarına en dayanıklı tütün çeşidi İzmir Özbaş standart tütün çeşidi olmuştur. Bu tür glyphosatın 4 ml/da aktif madde dozuna kadar ard arda onar gün aralıklarla uygulandığında dahi dayanıklı bulunmuştur. Bu durum hedeflendiği gibi tütünde canavarotu mücadelesinde kullanılabilmek için ümitvar bulunmuştur. Glyphosatın 2.5+2.5 ml da⁻¹ dozu, canavar otu dal sayısı (%85.2; %71.5) ve kuru ağırlığını (%91.5; %65.62) her iki yılda da yüksek oranda azaltmıştır (Demirkan ve ark., 2014a). Gerek dayanıklı tütün çeşitlerinin belirlendiği gerekse dayanıklı çeşitlerle invitro koşullarda yürütülen çalışmalarda fitotoksiteyi engellemek adına ümitvar görülen litrede 1 g Sodium 5-nitroguaiacolate, 2 g Sodiumortonitrophenolate, 3 g Sodium paranitrophenolate içeren preparat (Atonik) beklenildiği gibi fitotoksiteyi engelleyen sonuçlar elde edilememiştir (Tablo 5). Bu yüzden ilgili karakterler tarla denemelerinden çıkarılmıştır. Sebep, düşük dozlarda bile glyphosate uygulamasının neden olduğu çok şiddetli zarar olabilir. Tablo 6 ve 7 incelendiğinde dayanıklı bulunan İzmir Özbaş tütün çeşidinde bir önceki çalışmalarda fitotoksik olmayan dozlar, bu tütün çeşidine canavarotu bulaştırıldığında ne tür sonuçlar vereceği araştırılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar tarla denemelerine ışık tutacak %94 lere ulaşan ümitvar sonuçlar (4 ml da⁻¹ aktif madde glyphosate 10 ar gün arayla üç uygulama) elde edilmiştir. Demirkan ve ark. (2005b) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, iki yıl boyunca en yüksek canavarotu kontrolü, 5 ml da⁻¹ glyphosate varyantında sırasıyla %84.1 ve %74 olarak elde edilmiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, canavarotunun in vitro ve saha koşullarında kontrol edilmesi için düşük glyphosate dozları değerlendirilmiştir. Elde

edilen sonuçlara göre gerek kuru ağırlık gerek skala gerekse de klorofil miktarları bakımından glyphosate dozlarına en dayanıklı tütün çeşidi İzmir Özbaş standart tütün çeşidi olmuştur. Bu tür glyphosatın 4 ml da⁻¹ aktif madde dozuna kadar ard arda onar gün aralıklarla uygulandığında dahi dayanıklı bulunmuştur. Bu durum hedeflendiği gibi tütünde canavarotu mücadelesinde kullanılabilmek için ümitvar bulunmuştur. Ancak canavarotuna karşı yüksek başarı elde edilen karakterlerin verim ve kalite sonuçlarına bakıldığında bitki boyunun kısaldığı buna bağlı olarak bitki başına düşen yaprak sayısının azaldığı ve verimin düştüğü de göz ardı edilmemelidir.

Finansman

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2013ZRF046.

Kaynaklar

- Ahmad, T., Jabran, K., Cheema, Z.A., Bajwa, A.A., Farooq, M., 2023. A global perspective of education in weed science. *Weed Science* 71(6):536–548.
- Bakewell-Stone, P., 2024. *Orobanche ramosa* (branched broomrape). Available at: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.1079/cabicompndium.37747> (Accessed: 10.05.2024).
- Bernhard, R.H., Jensen, J.E., Andreasen, C., 1998. Prediction of yield loss caused by *Orobanche* spp. in carrot and pea crops based on the soil seedbank. *Weed Research* 38:191–197.
- Castejón-Muñoz, M., Romero-Muñoz, F., Garcia-Torres, L., 1990. Control of broomrape (*Orobanche cernua*) in sunflower (*Helianthus annuus* L.) with glyphosate. *Crop Protection* 9(5):332–336.
- Cvejić, S., Radanović, A., Dedić, B., Jocković, M., Jocić, S., Miladinović, D., 2020. Genetic and genomic tools in sunflower breeding for broomrape resistance. *Genes (Basel)*, 11(2): 152.

- Das, T.K., Ghosh, S., Gupta, K., Sen, S., Behera, B., Raj, R., 2020. The weed *Orobanche*: species distribution, diversity, biology and management. *Journal of Research in Weed Science*, 3(2): 162-180.
- Davis, P.H., 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Volume 10. Edinburgh At The University Press. P:1-23.
- Demirkan, H., Türkseven, S., Nemli, Y., Uludağ, A., Kaçan, K., 2014a. Patateste canavar otuna (*Phelipanche ramosa* (L.) Pomel/*P. aegyptiaca* (Pers.) Pomel) karşı bazı kimyasal kontrol metodlarının araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2):201–208.
- Demirkan, H., Türkseven, S., Nemli, Y., Uludağ, A., Kaçan, K., 2014b. Investigation on chemical control of broomrape (*Phelipanche ramosa* (L.) Pomel/*P. aegyptiaca* (Pers.) Pomel) in tomato fields. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1): 101-107.
- Emiroğlu, Ü.J., Nemli, Y., Küçüközden, R., 1987. The resistance of Aegean tobacco lines and cultivars to broomrape (*O. ramosa*) and the effect of that parasite on yield and quality. In: Weber, H. Chr., W. Forstreuter (eds.) Proc. 4th International Symposium on Parasitic Flowering Plants, Marburg, FRG, pp. 175-182.
- Günčan, A., 2013. Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri (Güncellenmiş ve İlaveli Beşinci Baskı). Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya. 313s.
- Haidar, M., Shdeed, E., 2015. *Phelipanche aegyptiaca* management with glyphosate in potato. *American Journal of Plant Sciences* 6(16): 2540–2549.
- Hassanein, E., Salım, A., 1999. Country paper about *Orobanche* and its control in Egypt. Advances in Parasitic Weed Control at On-Farm Level, Vol. 11, Join Action to Control *Orobanche* in the Wana Region, J.Kroschel, M.Abderabihi. H. Betz (Eds.), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany, p. 27-35.
- Hema, B., Reddy, D.D., Madhav, S.M., Srinivas, A., Krishna, K.S., Subbaiah, Y., Prasad, L.K. 2024. *Orobanche* infestation in tobacco: Farmers' knowledge and constraints. *Genes*, 11(2):152.
- Jabran, K., Ahmad, T., Siddiqui, A.O., Üremiş, İ., Doğan, M.N., 2023. Weed management in potato. In *Potato Production Worldwide* (pp. 121-131). Academic Press.
- Nemli, Y., Emiroğlu, Ü., 1993. Tütünde canavar otu (*Orobanche ramosa* L.) mücadelesi üzerinde araştırmalar. Kongre Bildiriler Kitabı, *Türkiye I. Herboloji Kongresi*, 3-5 Şubat, Adana.
- Srinivas, A., Reddy, D.D., Hema, B., Krishna, S.K., 2024. Overcoming *Orobanche* challenges: A study of knowledge and adoption of management practices among FCV tobacco farmers in Andhra Pradesh, India. *Journal of Scientific Research and Reports* 30(7): 357–365.
- Üremiş, İ., Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Sertkaya, E., 2023. Determination of the frequency, density and possible damage level of the broomrape species in the agricultural areas of Hatay province.

Atf Şekli

Türkseven, S.G., 2025. Tütünde Canavarotu Mücadelesinde Düşük Glyphosate Dozlarının Kullanımına Yönelik Tarla ve in Vitro Çalışmaları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1): 165-176.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14598494>.

To Cite

Türkseven, S.G., 2025. Field and In-Vitro Studies on the Use of Low Glyphosate doses for Broomrape Control in Tobacco. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 165-176.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14598494>.



The Influence of PEG-Induced Drought Stress on Seed Germination and Seedling Growth Traits of Tetraploid Annual Ryegrass Cultivars

Şükrü Sezgi ÖZKAN^{1*}, Kaan LEVENT¹

¹ Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir

*Corresponding author: sukru.sezgi.ozkan@ege.edu.tr

Abstract

Drought stress poses a significant challenge to global forage production, particularly under climate change conditions. Identifying cultivars with superior drought tolerance is essential for maintaining productivity in water-limited environments. The objective of the study was to evaluate the effects of polyethylene glycol (PEG)-induced drought stress on the germination and seedling growth traits of tetraploid annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivars. Four cultivars (Baqueano, Big Boss, Elif, and Medoacus) were exposed to seven osmotic potential levels (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, and -1.2 MPa) under controlled conditions. Germination rate (%), mean germination time (day), shoot and root length (cm), shoot-to-root ratio, seedling fresh weight (mg), vigor index, and drought tolerance index (%) were determined. The results revealed significant reductions in germination and seedling growth traits with increasing drought stress. Among the cultivars, Baqueano and Big Boss cultivars exhibited superior drought tolerance, maintaining higher vigor and drought tolerance indices. An osmotic potential of -0.6 MPa reduced the drought tolerance index by up to 44.5%, with no germination observed at -1.2 MPa. Strong correlations were identified among germination rate, shoot and root length, vigor index, and drought tolerance index, highlighting their importance as indicators of drought resilience.

Research Article

Article History

Received :15.09.2024
Accepted :28.10.2024

Keywords

Italian ryegrass
germination
drought
polyethylene glycol
thousand-seed weight
correlation

1. Introduction

Climate change and environmental pollution have become pressing global challenges, profoundly impacting agricultural systems and plant productivity. Among various abiotic stressors, salinity and drought are two of the most significant threats to crop cultivation (Malhi et al., 2021). High soil salinity adversely affects plant development by reducing germination rates, impairing seedling establishment, and lowering yields. These effects are primarily due to decreased soil water potential and imbalances in the uptake and accumulation of essential nutrients within plant tissues (Jorjandi and Sharifi-Sirchi, 2012). Similarly, drought, defined as a period of prolonged water scarcity, poses significant challenges to plant growth, particularly in arid and semi-arid regions. Plants mitigate water stress through adaptive mechanisms, with osmoregulation playing a central role in enhancing drought tolerance (Khoyerdi et al., 2016).

Germination, the initial phase of a plant's life cycle, is a critical determinant of successful crop establishment and early growth. This stage is susceptible to abiotic stress conditions, including salinity and drought. Moreover, successful germination ensures the development of dense and uniform stands, which are essential for achieving optimal yields and maintaining crop quality (Benech-Arnold and Sánchez, 2004). However, research indicated that the seeds of most plant species germinate best under non-stress conditions, such as distilled water, whereas elevated levels of salinity or drought

significantly inhibit germination and seedling growth (Budakli Carpici and Erdel, 2015; Demiroglu Topcu and Ozkan, 2016; Demiroglu Topcu et al., 2016; Demiroglu Topcu and Ozkan, 2020).

Annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.), a member of the Poeae tribe within the Poaceae family, is a significant forage species widely cultivated for livestock feed. Native to the Mediterranean region, annual ryegrass has adapted to diverse climates and is now extensively used for grazing, hay, and silage worldwide. Major production regions for annual ryegrass include temperate areas of Europe, the southern United States, parts of Australia, and New Zealand (Lopes et al., 2009). Cultivated for over a century, this diploid species is prized for its high forage quality, rapid establishment, and ability to thrive under cool-season conditions. In recent years, tetraploid varieties have gained popularity due to their higher forage yield and enhanced nutritional quality, offering notable advantages for sustainable livestock production (Aktar et al., 2021). In Türkiye, annual ryegrass is successfully cultivated as a forage crop across all regions (Table 1), significantly contributing to local forage production based on 2023 data (Anonymous, 2023; Ozkan and Demiroglu Topcu, 2024). Adaptation studies identifying suitable varieties have facilitated the successful introduction of this plant throughout the country (Lale and Kokten, 2020; Demiroglu Topcu et al., 2021; Muhit and Kir, 2022; Tassever and Uslu, 2023; Eser et al., 2024; Yuce et al., 2024).

Table 1. Annual ryegrass distribution by region within the forage crops production of Türkiye in 2023

Regions	Annual Ryegrass		Forage Crops		Ratio	
	Area (da)	Yield (ton)	Area (da)	Yield (ton)	Area (%)	Yield (%)
Aegean	202.407	757.760	4.301.214	16.074.848	4.71	4.71
Black Sea	12.258	29.231	2.658.251	5.766.468	0.46	0.51
Central Anatolia	4.827	21.813	3.442.529	13.041.601	0.14	0.17
Eastern Anatolia	532	1.597	11.270.599	14.468.479	0.00	0.01
Marmara	300.955	1.284.148	3.783.919	13.313.311	7.95	9.65
Mediterranean	12.008	43.875	1.267.382	3.501.996	0.95	1.25
Southeastern Anatolia	3.269	16.094	481.562	1.593.750	0.68	1.01
Total	536.256	2.154.518	27.205.456	67.760.453	1.97	3.18

Several studies have highlighted that ryegrass species are generally more sensitive to drought stress than legumes and other plant species (Pornaro et al., 2020; Rahman et al., 2022). Drought-tolerant genotypes demonstrate resilience by maintaining root growth under water-deficit conditions (Mahmood et al., 2022). Key traits, including deeper root systems, improved osmotic potential, and enhanced photosynthetic water-use efficiency, play significant roles in drought tolerance. Grass species with shorter root systems are less adapted to drought (Matthew et al., 2012). Geneticists and plant physiologists are working to improve root architecture and physiological traits to enhance drought resilience (Comas et al., 2013). Therefore, a comprehensive understanding of stress tolerance traits and their integration into whole-plant strategies is essential to improve drought resilience without compromising quality and yield (Lee et al., 2022).

With the global population projected to reach 10 billion by 2050, the demand for versatile forage crops, such as annual ryegrass, is expected to increase significantly. Therefore, identifying annual ryegrass cultivars with strong germination capacity under stress conditions is crucial for supporting sustainable forage production in regions facing climate challenges and water scarcity. This study aims to evaluate the effects of drought stress on the seed germination and seedling growth traits of tetraploid annual ryegrass cultivars.

2. Materials and Methods

The present study was carried out in 2024 at the Seed Laboratory of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ege University, Türkiye. The experimental material consisted of four tetraploid annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivars: Baqueano, Big Boss, Elif, and Medoacus. The experiment was arranged in a randomized plot design with three replications. Seven osmotic potential levels (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, and -1.2 MPa) were established using polyethylene glycol (PEG-6000). The required amounts of

PEG-6000 were dissolved in distilled water to prepare the solutions for the specified osmotic potentials, while distilled water served as the control treatment (Michel and Kaufmann, 1973). Initially, the thousand-seed weights of the tetraploid annual ryegrass cultivars were determined by measuring the weight of four subsamples, each containing 100 seeds, as per ISTA guidelines (ISTA, 2018). Subsequently, the seeds were surface sterilized by immersing them in a 1.0% sodium hypochlorite (NaClO) solution for 5 minutes. Any residual chlorine was removed by thoroughly rinsing the seeds with distilled water (Magar et al., 2019). For the germination tests, a total of 84 glass petri dishes, each 15 cm in diameter, were utilized. Fifty seeds were evenly distributed onto double-layered Whatman No.1 filter papers placed inside each petri dish. Ten milliliters of polyethylene glycol (PEG 6000) solution, prepared at varying concentrations, were added to the petri dishes. To prevent the reduction in oxygen levels caused by the solutions prepared with polyethylene glycol, the filter papers in the petri dishes were replaced every two days during the experiment. The drought tolerance tests were conducted in a growth chamber maintained at a constant temperature of 20 ± 1 °C under dark conditions for a duration of 10 days (ISTA, 2018). Daily observations were performed to evaluate the germination traits, with seeds being classified as "germinated" when the radicle reached a length of 1-2 mm (ISTA, 2018). The number of germinated seeds was recorded and expressed as a percentage. Mean germination time (MGT) was calculated to assess the rate of germination (Ellis and Roberts, 1980). At the end of the 10th day, shoot and root lengths, and seedling fresh weights were measured on ten randomly selected seedlings. Root and shoot lengths were determined using a millimeter ruler, and the shoot-to-root ratio was calculated based on their lengths. Vigor index was calculated by multiplying the sum of the root and shoot length by the germination rate (Hu et al., 2005). Additionally, drought tolerance index was calculated using the respective formula:

Drought Tolerance Index = (Seedling fresh weight at D_x / Seedling fresh weight at D_0) x 100

D_x : Drought levels, D_0 : Control

All data were subjected to statistical analysis using analysis of variance (ANOVA) performed in the Statistical Analysis System (SAS Institute, 2012). Differences were considered statistically significant at a probability level of 0.05 or less. Significant differences among treatment means identified through ANOVA were further analyzed using the least significant difference (LSD) test to distinguish them (Johnson and Bhattacharyya, 2019). Furthermore, Pearson's correlation analysis was conducted, as described by

Crawford (2006), to evaluate the relationships between the parameters under drought stress conditions.

3. Results and Discussion

In accordance with ISTA (2018) guidelines, the thousand-seed count was performed in four replicates for each tetraploid annual ryegrass cultivars, and the thousand-seed weight was subsequently calculated (Figure 1). Of the four tetraploid annual ryegrass cultivars evaluated, cv. Big Boss exhibited the highest average thousand-seed weight at 4.90 g, while cv. Baqueano showed the lowest at 2.95 g.

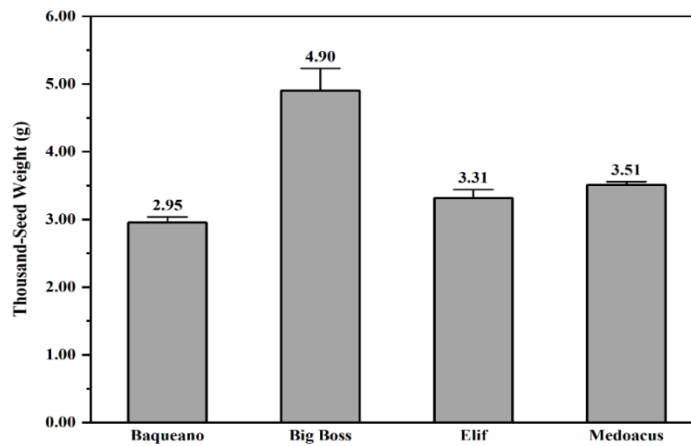


Figure 1. Thousand-seed weight values of examined annual ryegrass cultivars

The statistical analysis results for germination rate indicated significant differences at the 0.05 level among annual ryegrass cultivars, drought levels, and their interaction (Table 2). The highest average germination rate (69.81%) was recorded for seeds of cv. Big Boss, whereas the lowest average value (59.05%) was obtained from seeds of cv. Medoacus. The present study revealed a significant decrease in germination rate values with increasing drought levels. The highest average germination rates were observed in the control, -0.2 MPa, and -0.4 MPa treatments (94.67, 94.00, and 93.83%, respectively), while the lowest was found at the -1.0 MPa drought level (31.83%). No germination was observed at -1.2 MPa drought level. The interaction values are presented in Figure 2. The data revealed that different

drought levels had statistically significant effects on the mean germination time of annual ryegrass cultivars (Table 2). In this study, the highest average mean germination times were recorded from the Medoacus and Elif cultivars (3.65 and 3.55 days, respectively). The lowest average mean germination times were observed in the Baqueano and Big Boss cultivars (3.16 and 3.28 days, respectively). A substantial increase in average mean germination time was observed across the different annual ryegrass cultivars as drought levels increased. As expected, the shortest average mean germination time was obtained from the control treatment (2.86 days), while the longest was recorded at -1.0 MPa treatment (5.82 days). Interaction effects are displayed graphically in Figure 2.

Table 2. The effects of drought stress on germination and early growth traits of annual ryegrass cultivars

Treatments	GR (%)	MGT (day)	SL (cm)	RL (cm)	SRR	SFW (mg)	VI	DTI (%)
Cultivars (C)								
Baqueano	67.62 ^b	3.16 ^b	3.93	5.47 ^b	0.46 ^b	37.72 ^a	872.2 ^b	49.60 ^a
Big Boss	69.81 ^a	3.28 ^b	3.81	6.18 ^a	0.46 ^b	30.10 ^b	952.8 ^a	44.32 ^b
Elif	63.52 ^c	3.55 ^a	3.86	3.86 ^c	0.61 ^a	26.82 ^c	685.4 ^d	42.86 ^c
Medoacus	59.05 ^d	3.65 ^a	4.05	5.30 ^b	0.37 ^c	29.28 ^b	813.5 ^c	42.97 ^c
Drought Levels (D)								
Control	94.67 ^a	2.86 ^c	10.15 ^a	10.17 ^a	1.03 ^a	70.19 ^a	1924.7 ^a	100.00 ^a
-0.2 MPa	94.00 ^a	2.90 ^{de}	8.80 ^b	9.30 ^b	1.00 ^a	62.79 ^b	1699.8 ^b	89.16 ^b
-0.4 MPa	93.83 ^a	3.14 ^d	5.28 ^c	7.83 ^c	0.69 ^b	40.77 ^c	1236.9 ^c	64.65 ^c
-0.6 MPa	88.00 ^b	4.03 ^c	2.88 ^d	6.16 ^d	0.49 ^c	31.44 ^d	795.8 ^d	44.50 ^d
-0.8 MPa	52.67 ^c	5.11 ^b	0.28 ^e	2.27 ^e	0.13 ^d	9.26 ^e	136.1 ^e	12.91 ^e
-1.0 MPa	31.83 ^d	5.82 ^a	0.00 ^e	0.68 ^f	0.00 ^e	2.39 ^f	23.5 ^f	3.35 ^f
-1.2 MPa	0.00 ^e	0.00 ^f	0.00 ^e	0.00 ^g	0.00 ^e	0.00 ^f	0.0 ^f	0.00 ^g
ANOVA								
C	**	**	ns	**	**	**	**	**
D	**	**	**	**	**	**	**	**
C x D	**	**	**	**	**	**	**	**

*p-value<0.05, **p-value<0.01, ANOVA: analysis of variance, ns: not significant

^{a,b,c}Means followed by different letters are significantly different (p-value<0.05) according to LSD's test.

GR: germination rate, MGT: mean germination time, SL: shoot length, RL: root length, SRR: shoot-to-root ratio, SFW: seedling fresh weight, VI: vigor index, DTI: drought tolerance index

Germination is generally defined as the process that begins with sowing and culminates in the complete emergence of the coleoptile (El-Kassaby and Edwards, 2001). This period encompasses three distinct phases: seed germination, root growth, and seedling growth. A comprehensive understanding of these interconnected phases is crucial for effectively evaluating drought resistance in crops (Parvez et al., 2003). Key parameters, such as germination rate, shoot and root length, and seedling weight, serve as critical indicators for assessing drought resistance during the germination stage (Almaghrabi, 2012).

Polyethylene glycol molecules influence germination and seedling growth by preventing the entry of water molecules into plant tissues, thereby causing physiological drought (Kalafetoglu Macar et al., 2009). Research indicates that germination rates decrease as drought stress intensifies, with some species showing no germination under -1.2 MPa drought conditions (Rouhi et al., 2011; Borawska-Jarmulowicz et al., 2017). Moderate drought stress is reported to primarily increase the average germination time, whereas severe drought stress significantly reduced germination rates (Demiroglu Topcu and Ozkan, 2016; Bilgili et

al., 2019). The decline in germination rates under increasing drought stress has been widely reported by researchers (Demiroglu Topcu and Ozkan, 2016; Hellal et al., 2018; Yilmaz and Kisakurek, 2020; Sari, 2023). Consistent with these findings, present results showed that higher drought levels significantly reduced the germination rate while prolonging the mean germination time in tetraploid annual ryegrass cultivars.

The statistical results related to shoot length are arranged in Table 2. The results of the statistical analysis indicated significant differences between drought levels and the cultivar × drought level interaction, whereas cultivar effects were non-significant. Average shoot length values for cultivars ranged between 3.93 and 4.05 cm. The significance of drought levels suggested a decreasing trend in shoot length as drought levels increased. The control treatment showed the longest average shoot length (10.15 cm), while the shortest average value was recorded at -0.8 MPa treatment (0.28 cm). No shoot length was detected at -1.0 MPa treatment. The interaction effects are illustrated in Figure 2.

An analysis of the effects of different drought levels on root length in annual ryegrass cultivars revealed statistically

significant differences (Table 2). The highest average root length (6.18 cm) was observed in seeds of cv. Big Boss, while the lowest (3.86 cm) was recorded in seeds of cv. Elif. Root length decreased as drought levels increased. The highest average root length (10.17 cm) was obtained under the control treatment, whereas the lowest average value was observed at -1.0 MPa drought level (0.68 cm). The interaction effects are presented graphically in Figure 2.

The effects of different drought levels on the shoot-to-root ratio (based on length) of annual ryegrass cultivars were statistically significant (Table 2). The highest average shoot-to-root ratio was obtained in seeds of cv. Elif (0.61), while the lowest average values were recorded in seeds of cv. Baqueano and Big Boss (0.46 for both). The significance of drought levels indicated a decreasing trend in the shoot-to-root ratio as drought intensity increased. The highest average shoot-to-root ratios were observed in the control and -0.2 MPa treatments (1.03 and 1.00, respectively), while the lowest was recorded at the -0.8 MPa drought level (0.13). The interaction effects are presented in Figure 2.

Drought stress is a main constraint on forage production worldwide, and a better understanding of germination responses to drought stress may aid breeding programs aimed at developing drought-resistant cultivars (Basu et al., 2010). Drought stress reduced both shoot length (Balkan and Genctan, 2013; Borawska-Jarmułowicz et al., 2017) and root length (Berg and Zeng, 2006; Zhang et al., 2018) in various species and cultivars. Additionally, root growth is restricted under drought stress, while shoot growth declines significantly (Lipiec et al., 2013). Furthermore, drought stress simulated using polyethylene glycol during the germination stage was reported to affect the shoot-to-root ratio (based on length) in various plant species (Hellal et al., 2018; Magar et al., 2019). A similar decrease in shoot-to-root ratio values was observed in the present study. However, despite all cultivars maintaining root length under low moisture conditions (Figure 2), the

preserved root lengths were insufficient to counteract the damage caused by water deficiency to overall growth traits (Hussain et al., 2016; Onen et al., 2018). These findings emphasize the adverse effects of drought stress on critical early growth traits, which play a crucial role in cultivation and productivity.

Seedling fresh weight varied depending on both cultivars and drought levels, with these differences also significantly affecting their interaction (Table 2). Among the cultivars, the highest average seedling fresh weight was recorded for cv. Baqueano (37.72 mg), while the lowest average value was observed for cv. Elif (26.82 mg). Similar to shoot and root length, seedling fresh weight decreased as drought levels increased. The highest seedling fresh weight (70.19 mg) was recorded in the control treatment, while the lowest (2.39 mg) was observed at -1.0 MPa treatment. Interaction effects are displayed graphically in Figure 2. Seedling growth provides valuable insights into the responses of crops to drought stress (Khodarahmpour, 2011). It is highly sensitive to drought stress, as limited water availability impairs cell expansion, reduces biomass accumulation, and disrupts the development of critical structures, such as shoots and roots, ultimately affecting plant establishment and productivity (Bhattacharya and Vijaya, 2021). Researchers have reported varying responses in seedling (shoot + root) fresh weight to drought stress across different species and cultivars (Rouhi et al., 2011; Castroluna et al., 2014; Budakli Carpici and Erdel, 2015). In this study, significant reductions in seedling fresh weight were observed across all cultivars as the osmotic potential of the polyethylene glycol solution decreased. Polyethylene glycol-induced drought stress during the germination stage has been shown to significantly affect seed germination and seedling growth traits in various plant species (Gholami et al., 2010; Khayatnezhad et al., 2010; Pei et al., 2010; Demiroglu Topcu and Ozkan, 2016; Bilgili et al., 2019; Sari, 2023). The present findings align with previous studies, which reported that drought stress negatively impacts shoot, root, and seedling weights.

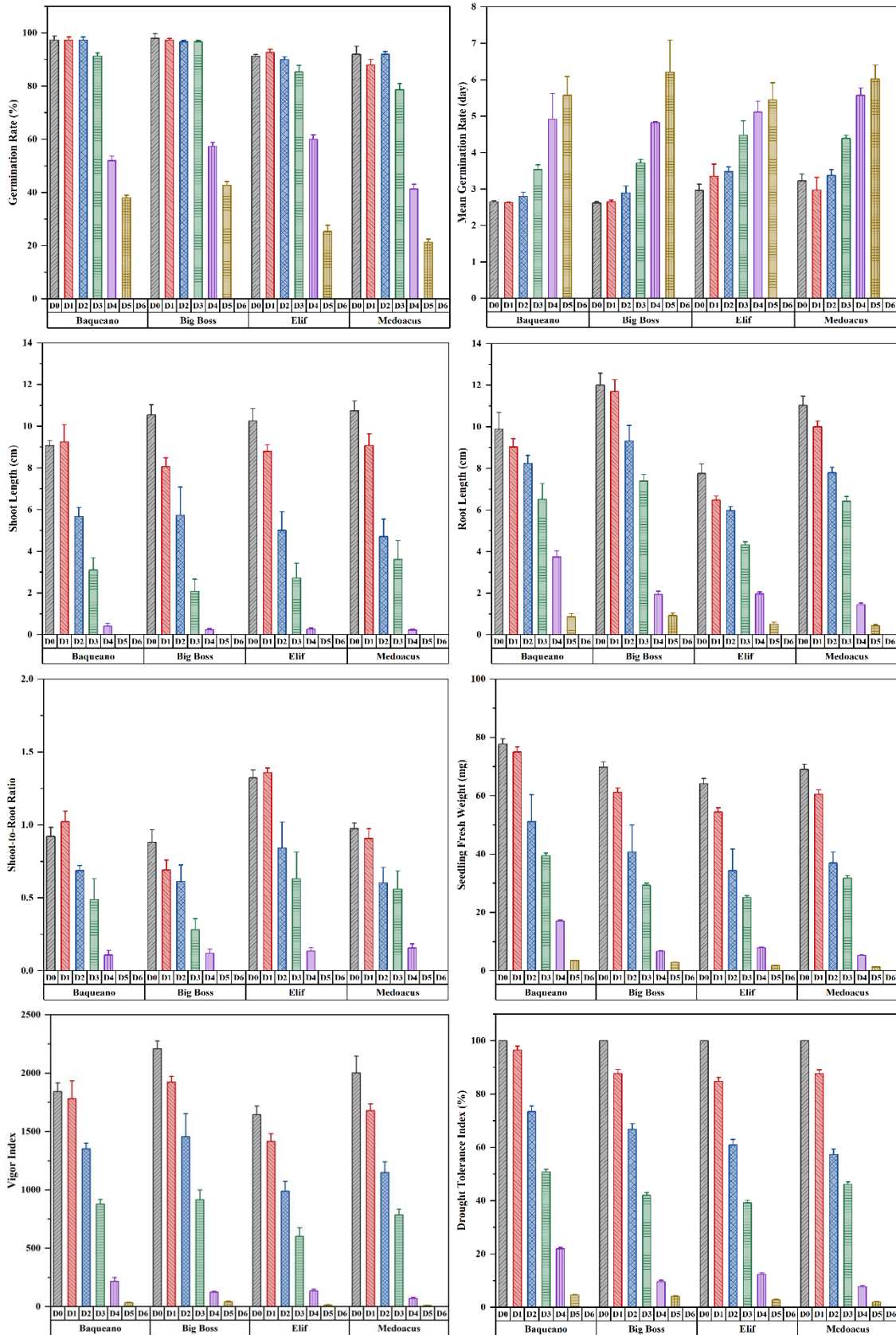


Figure 2. The effects of drought stress on germination and early growth traits of annual ryegrass cultivars
 D0: Control, D1: -0.2 MPa, D2: -0.4 MPa, D3: -0.6 MPa, D4: -0.8 MPa, D5: -1.0 MPa, D6: -1.2 MPa

The effects of different drought levels on the vigor index of annual ryegrass cultivars revealed statistically significant differences (Table 2). In this study, the highest average vigor index was recorded for cv. Big Boss (952.8), while the lowest average vigor index was calculated for cv. Medoacus (813.5). A significant decline in vigor index values was observed as drought levels increased. The highest average vigor index (1924.7) was obtained under the control treatment, whereas the lowest average value (23.5) was observed at -1.0 MPa drought level. Interaction effects are displayed graphically in Figure 2.

The statistical analysis results for the drought tolerance index indicated significant differences at the 0.05 level among annual ryegrass cultivars, drought levels, and the cultivar \times drought level interaction (Table 1). The highest drought tolerance index was recorded for seeds of cv. Baqueano (49.60%), while the lowest average values were obtained for seeds of cv. Elif and cv. Medoacus (42.86 and 42.97%, respectively). Although the drought tolerance index tended to decrease after -0.2 MPa drought level, the decline became pronounced at -0.8 MPa level. As expected, the highest average drought tolerance index was recorded in the control treatment (100.00%), while the lowest average value was observed at -1.0 MPa treatment (3.35%). The interaction effects are presented in Figure 2.

The transition from seeds to seedlings, defined as germination, represents a pivotal stage in plant development. Enhanced germination rates under both optimal and challenging environmental conditions support plant growth and increase productivity (Gašparovič et al., 2021). This process depends on the activation of key enzymes and the utilization of stored nutrients essential for embryonic development. However, a decrease in osmotic potential disrupts enzyme functions, leading to a reduction in germination capacity (Billah et al., 2021).

Germination is influenced by climatic conditions and the genetic potential of plants. Therefore, selecting appropriate cultivars is

crucial for achieving higher yields (Mondal et al., 2023). Differences among cultivars are attributed to genetic variability and their ability to absorb the moisture necessary for germination (Ibrahimova et al., 2021). Conversely, the water absorption process tends to remain incomplete in seeds sensitive to drought. Adequate water availability is essential for cellular metabolic activities, although the specific water requirements differ across species and cultivars (Larson and Kiemnec, 2005). Starch-derived compounds, including glucose, play a crucial role in germination by acting as osmolytes to sustain cellular turgor and as energy providers (Li et al., 2014). However, under water-deficient conditions, the breakdown of starch is hindered, resulting in suboptimal germination (Kaur et al., 2002).

In the present study, reduced seed germination at higher negative osmotic potentials was associated with lower water imbibition and decreased enzyme activity essential for germination. Significant differences in vigor index and drought tolerance were observed among the studied cultivars, with Baqueano and Big Boss cultivars identified as the most tolerant. An osmotic potential of -0.6 MPa reduced the drought tolerance index of tetraploid annual ryegrass cultivars by up to 44.5%, while almost no drought tolerance (3.35%) was observed at -1.0 MPa. Researchers have indicated that vigor and the drought tolerance index decrease with increasing drought levels (Demiroglu Topcu and Ozkan, 2016; Hellal et al., 2018; Bilgili et al., 2019; Magar et al., 2019). The present study aligns with these findings, confirming that increasing drought levels lead to declines in vigor and drought tolerance index values.

The correlation among the studied traits is presented in Figure 3. The Pearson correlation analysis revealed significant relationships among the evaluated traits, providing insights into their interconnections under drought stress conditions. Germination rate exhibited strong positive correlations with shoot length ($r = 0.77$), root length ($r = 0.89$), shoot-to-root ratio

($r = 0.81$), seedling fresh weight ($r = 0.84$), vigor index ($r = 0.84$), and drought tolerance index ($r = 0.86$). These findings suggest that higher germination rates are associated with improved seedling growth and enhanced drought tolerance. Similarly, shoot and root length were highly correlated with other traits, including shoot-to-root ratio, seedling fresh weight, vigor index, and drought tolerance index. Shoot-to-root ratio also exhibited strong correlations with seedling fresh weight ($r = 0.91$), vigor index ($r = 0.89$), and drought tolerance index ($r = 0.93$), further emphasizing its relevance as an indicator of seedling health

and drought adaptation potential. On the other hand, thousand-seed weight exhibited minimal correlations with the evaluated traits, indicating its limited impact on early seedling performance under drought stress. Mean germination time showed weak negative correlations with all other traits, suggesting that prolonged germination adversely affects seedling development and drought tolerance. Consequently, these results underscore the importance of traits such as germination rate, shoot and root length, vigor index, and drought tolerance index as critical indicators for selecting drought-tolerant cultivars.

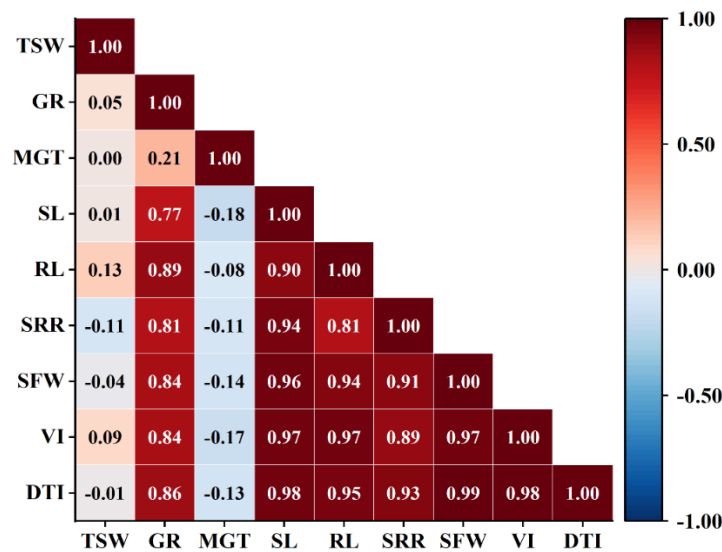


Figure 3. The correlation coefficient of the studied traits

TSW: thousand-seed weight, GR: germination rate, MGT: mean germination time, SL: shoot length, RL: root length, SRR: shoot-to-root ratio, SFW: seedling fresh weight, VI: vigor index, DTI: drought tolerance index

4. Conclusions

Drought stress is one of the most significant challenges to forage production, particularly in regions with limited water availability. Understanding the germination and early growth responses of forage crops under water-deficit conditions is crucial for identifying resilient cultivars. This study demonstrated the significant effects of polyethylene glycol (PEG)-induced drought stress on the germination and seedling growth traits of tetraploid annual ryegrass cultivars. The results indicated that increasing osmotic potential negatively affected critical traits, including germination rate, shoot and root length, seedling fresh weight, vigor index, and

drought tolerance index. Among the investigated cultivars, Baqueano and Big Boss cultivars exhibited superior drought tolerance, maintaining higher vigor and drought tolerance indices under water-limited conditions. An osmotic potential of -0.6 MPa reduced the drought tolerance index by up to 44.5%, while no germination was observed at -1.2 MPa. Additionally, strong correlations were identified among germination rate, shoot and root length, vigor index, and drought tolerance index. These findings may provide valuable information for breeding programs focused on developing drought-tolerant annual ryegrass cultivars, thereby supporting sustainable forage crops production in regions prone to

water scarcity. Further studies are recommended to investigate the genetic and physiological mechanisms underlying drought tolerance in annual ryegrass.

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

- Aktar, Y., Polat, T., Okant, M., Kurt, I., 2021. Single annual forage Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) determination of some properties in the type of plant. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1): 193-201.
- Almaghrabi, O.A., 2012. Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. *Life Science Journal*, 9(1): 590-598.
- Anonymous, 2023. Crop and animal production statistics. Turkish Statistical Institute, Ankara.
- Balkan, A., Genctan, T., 2013. Effect of osmotic stress on germination and early growth in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(2): 44-52.
- Basu, S., Roychoudhury, A., Saha, P.P., Sengupta, D.N., 2010. Comparative analysis of some biochemical responses of three indica rice varieties during polyethylene glycol-mediated water stress exhibits distinct varietal differences. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32: 551-563.
- Benech-Arnold, R.L., Sánchez R.A., 2004. Handbook of seed physiology: applications to agriculture. CRC Press.
- Berg, L., Zeng, Y.J., 2006. Response of South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. *South African Journal of Botany*, 72(2): 284-286.
- Bhattacharya, A., Vijaya, L., 2021. Methods and techniques in plant physiology. New India Publishing Agency (Nipa), India, 212p.
- Bilgili, D., Mehmet, A., Kazim, M., 2019. Effects of PEG-induced drought stress on germination and seedling performance of bread wheat genotypes. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 29(4): 765-771.
- Billah, M., Aktar, S., Brestic, M., Zivcak, M., Khaldun, A.B.M., Uddin, M.S., Bagum, S.A., Yang, X., Skalicky, M., Mehari, T.G., Maitra, S., Hossain, A., 2021. Progressive genomic approaches to explore drought-and salt-induced oxidative stress responses in plants under changing climate. *Plants*, 10(9): 1910.
- Borawska-Jarmulowicz, B., Mastalerczuk, G., Gozdowski, D., Maluszynska, E., Szydłowska, A., 2017. The sensitivity of *Lolium perenne* and *Poa pratensis* to salinity and drought during the seed germination and under different photoperiod conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(1): 71-78.
- Budakli Carpici, E., Erdel, B., 2015. Effects of drought stress on germination characters of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties. *Derim*, 32(2): 201-210.
- Castroluna, A., Ruiz, O.M., Quiroga, A.M., Pedranzani, H.E., 2014. Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1): 39-50.
- Comas, L.H., Becker, S.R., Cruz, V.M.V., Byrne, P.F., Dierig, D.A., 2013. Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in Plant Science*, 4: 442.
- Crawford, S.L., 2006. Correlation and regression. *Circulation*, 114(19): 2083-2088.

- Demiroglu Topcu, G., Celen, A.E., Kuru, E., Ozkan, S.S., 2016. A study on the effects of different NaCl concentrations on germination and early growing stage of tall fescue (*Festuca arundinacea*) and intermediate wheatgrass (*Agropyron intermedium*). *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 25(Special Issue-2): 219-224.
- Demiroglu Topcu, G., Celen, A.E., Ozkan, S.S., 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.
- Demiroglu Topcu, G., Ozkan, S.S., 2016. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.). *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 30(Special Issue): 406-409.
- Demiroglu Topcu, G., Ozkan, S.S., 2020. Effects of different salt sources and concentrations on germination parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 456-467.
- El-Kassaby, Y.A. Edwards, D.G.W., 2001. Germination ecology in mountain hemlock (*Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr.). *Forest Ecology and Management*, 144(1-3): 183-188.
- Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In: Seed Production (ed: P.D. Hebblethwaite), Butterworths, London, pp. 605-635.
- Eser, V., Agiragac, Z., Zorer Celebi, S., 2024. Effects of organic fertilizers and mowing times on grass yield and feed value of Italian grass (*Lolium multiflorum* Lam.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(3): 709-721.
- Gašparovič, K., Živčák, M., Brestič, M., Hauptvogel, P., 2021. Diversity of leaf cuticular transpiration and growth traits in field-grown wheat and aegilops genetic resources. *Agronomy*, 11(3): 522.
- Gholami, M., Rahemi, M., Kholdebarin, B., 2010. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on seed germination of four wild almond species. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(5): 785-791.
- Hellal, F.A., El-Shabrawi, H.M., Abd El-Hady, M., Khatab, I.A., El-Sayed, S.A.A., Abdelly, C., 2018. Influence of PEG induced drought stress on molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(1): 203-212.
- Hu, J., Zhu, Z.Y., Song, W.J., Wang, J.C., Hu, W.M., 2005. Effects of sand priming on germination and field performance in direct-sown rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(1): 243-248.
- Hussain, M., Farooq, S., Jabran, K., Ijaz, M., Sattar, A., Hassan, W., 2016. Wheat sown with narrow spacing results in higher yield and water use efficiency under deficit supplemental irrigation at the vegetative and reproductive stage. *Agronomy*, 6(2): 22.
- Ibrahimova, U., Zivcak, M., Gasparovic, K., Rastogi, A., Allakhverdiev, S. I., Yang, X., Brestic, M., 2021. Electron and proton transport in wheat exposed to salt stress: is the increase of the thylakoid membrane proton conductivity responsible for decreasing the photosynthetic activity in sensitive genotypes?. *Photosynthesis Research*, 150(1): 195-211.
- ISTA, 2018. International rules for seed testing book. International Seed Testing Association (ISTA) Press, Switzerland.
- Johnson, R.A., Bhattacharyya, G.K., 2019. Statistics: principles and methods (8th edition). Wiley & Sons Inc.
- Jorjandi, M., Sharifi-Sirchi, G.R., 2012. The effect of priming on germination and seedling growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8(3): 234-239.

- Kalefetoglu Macar, T., Turan, O., Ekmekci, Y., 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar and lines at early seedling stage. *Gazi University Journal of Science*, 22(1): 5-14.
- Kaur, S., Gupta, A.K., Kaur, N., 2002. Effect of osmo-and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. *Plant Growth Regulation*, 37: 17-22.
- Khayatnezhad, M., Gholamin, R., Jamaatie-Somarin, S.H., Zabihi-Mahmoodabad, R., 2010. Effects of PEG stress on corn cultivars (*Zea mays* L.) at germination stage. *World Applied Sciences Journal*, 11(5): 504-506.
- Khodarahmpour, Z., 2011. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. *African Journal of Biotechnology*, 10(79): 18222-18227.
- Khoyerdı, F.F., Shamsıhı, M.H., Estajı, A., 2016. Changes in some physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 198: 44-51.
- Lale, V., Kokten, 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.
- Larson, L., Kiemnec, G., 2005. Germination of two noxious range weeds under water and salt stresses with variable light regimes. *Weed Technology*, 19(1): 197-200.
- Lee, K.W., Woo, J.H., Song, Y., Lee, S.H., Rahman, M.A., 2022. Drought tolerance in Italian ryegrass is associated with genetic divergence, water relation, photosynthetic efficiency and oxidative stress responses. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 42(3): 208-214.
- Li, Z., Peng, Y., Zhang, X.Q., Ma, X., Huang, L.K., Yan, Y.H., 2014. Exogenous spermidine improves seed germination of white clover under water stress via involvement in starch metabolism, antioxidant defenses and relevant gene expression. *Molecules*, 19(11): 18003-18024.
- Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A., Kondracka, K., 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*, 27: 463-477.
- Lopes, V., Reis, A., Barata, A., Nunes, E., 2009. Morphological characterization of Portuguese Italian ryegrass landraces. *Journal of Central European Agriculture*, 10(1): 89-99.
- Magar, M.M., Parajuli, A., Sah, B.P., Shrestha, J., Sakh, B.M., Koirala, K.B., Dhital, S.P., 2019. Effect of PEG induced drought stress on germination and seedling traits of maize (*Zea mays* L.) lines. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 6(2): 196-205.
- Mahmood, T., Iqbal, M.S., Li, H., Nazir, M.F., Khalid, S., Sarfraz, Z., Hu, D., Baojun, C., Geng, X., Tajo, S.M., Dev, W., Iqbal, Z., Zhao, P., Hu, G., Du, X., 2022. Differential seedling growth and tolerance indices reflect drought tolerance in cotton. *BMC Plant Biology*, 22(1): 331.
- Malhi, G.S., Kaur, M., Kaushik, P., 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: a review. *Sustainability*, 13(3): 1318.
- Matthew, C., Van Der Linden, A., Hussain, S., Easton, H.S., Hatier, J.H.B., Horne, D.J., 2012. Which way forward in the quest for drought tolerance in perennial ryegrass?. *In Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, pp. 195-200.
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51(5): 914-916.
- Mondal, S.S., Saha, M., Sengupta, K., Banerjee, H., 2023. Seed production of field crops (2nd fully revised and enlarged edition). New India Publishing Agency (Nipa), India, 266p.

- Muhit, G., Kir, B., 2022. The effect of different doses of phosphorus applications on seed yield of Italian ryegrass. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 82-89.
- Onen, H., Farooq, S., Tad, S., Ozaslan, C., Gunal, H., Chauhan, B.S., 2018. The influence of environmental factors on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus*) seeds: implications for range expansion and management. *Weed Science*, 66(4): 494-501.
- Ozkan, S.S., Demiroglu Topcu, G., 2024. Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. yılında yem bitkileri kültürü ve hayvan varlığına genel bir bakış. Ziraat Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler Aralık 2024, Ed: K. Özrenk, A. Bolat, Serüven Publishing, Ankara, pp. 169-189.
- Parvez, S.S., Parvez, M.M., Fujii, Y., Gemma, H., 2003. Allelopathic competence of *Tamarindus indica* L. root involved in plant growth regulation. *Plant Growth Regulation*, 41: 139-148.
- Pei, Z.F., Ming, D.F., Liu, D., Wan, G.L., Geng, X.X., Gong, H.J., Zhou, W.J., 2010. Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29: 106-115.
- Pornaro, C., Serena, M., Macolino, S., Leinauer, B., 2020. Drought stress response of turf-type perennial ryegrass genotypes in a Mediterranean environment. *Agronomy*, 10(11): 1810.
- Rahman, M.A., Woo, J.H., Song, Y., Lee, S.H., Hasan, M.M., Azad, M.A.K., Lee, K.W., 2022. Heat shock proteins and antioxidant genes involved in heat combined with drought stress responses in perennial rye grass. *Life*, 12(9): 1426.
- Rouhi, H.R., Aboutalebian, M.A., Sharif-Zadeh, F., 2011. Effects of hydro and osmopriming on drought stress tolerance during germination in four grass species. *International Journal of Agriscience*, 1(2): 107-114.
- Sari, D., 2023. Effects of PEG-induced drought stress and different boron levels on seed germination and seedling growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Turkish Journal of Agricultural Research*, 10(2): 154-161.
- SAS Institute, 2012. SAS/STAT® software version 9.3 user's manual. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tassever, M.N., Uslu, O.S., 2023. Determination of feed values of some annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) varieties under Kahramanmaraş conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 701-711.
- Yilmaz, M.B., Kisakurek, S., 2020. Effects of salt and PEG-induced drought stress on seedling performance of perennial ryegrasses (*Lolium perenne* L.) cultivars. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 25(3): 360-369.
- Yuce, I., Tatar, M., Kokten, K., Sarikaya, M.F., Cilesiz, Y., Karakoy, 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.
- Zhang, Q., Yang, L., Rue, K., 2018. Differences in seedling growth of 23 creeping bentgrass cultivars under polyethylene glycol-induced drought conditions. *HortTechnology*, 28(3): 327-331.

To Cite

Özkan, Ş.S., Levent, K., 2025. The Influence of PEG-Induced Drought Stress on Seed Germination and Seedling Growth Traits of Tetraploid Annual Ryegrass Cultivars. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 177-189.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14601302>.



Characterization and Investigation of Antifungal Activity of Endophytic Bacteria Isolated from Lavender (*Lavandula angustifolia*) Plant

İnci GÜLER GÜNEY^{1*}, Mehmet Ata KESKE²

¹ Mardin Artuklu University, Vocational School of Kızıltepe, Department of Plant and Animal Production, Mardin

² Mardin Artuklu University, Faculty of Science, Department of Biology, Mardin

*Corresponding author: incigulguneey@artuklu.edu.tr

Abstract

In this study, 65 endophytic bacteria were isolated from lavender plants. The morphological, physiological, and biochemical properties and enzyme activities of endophytic bacteria were investigated. In the test of tolerance of isolates to different temperature degrees, isolate LA6 was positive at 4°C, and all other isolates were negative. From the 41°C isolates, isolates LA42 and LA46 were negative, and all other isolates were positive. From endophytic bacteria, isolates LA1, LA5, LA6, LA7, LA8, LA11, LA12, LA13, LA25, LA28, LA41, LA45, LA48, LA50, LA53, and LA61 gave positive results in their tolerances at 10% NaCl concentration. In the carbohydrate test, isolates gave positive results between 71% and 91%. All isolates gave positive results in the phosphatase activity and protease activity of endophytic bacteria. Among other enzyme activities, 86% of the isolates gave positive results in cellulase activity, ACC deaminase activity, and nitrate reduction. 75% of the isolates gave positive results in siderophore production, and effective results were obtained. The % inhibition rates of endophytic isolates against pathogens varied between 3.7% and 78% against *Neoscytalidium dimidiatum*, between 8% and 80% against *Fusarium culmorum*, and between 36.1% and 61.8% against *Fusarium oxysporum*. As a result of this study, promising results are seen in the potential use of endophytic bacteria isolated from lavender as biofertilizer.

Research Article

Article History

Received :16.09.2024
Accepted :29.10.2024

Keywords

Lavandula angustifolia
NaCl
phosphatase
antifungal activity

1. Introduction

Lavender, which is in the medicinal-aromatic class of Turkish flora, stands out due to its functionality, widespread use in industry, and high demand. Lavender cultivation has gained momentum in recent years. Turkey is one of the richest countries in the world in terms of genetic diversity in medicinal and aromatic plants, through its geographical structure, climatic and agricultural advantages, agricultural potential, and large surface area in recent years, lavender cultivation has become increasingly widespread in our country. In Turkey, lavandin and hybrid lavender cultivation is more common. *L. intermedia* (*L. hybrida*), which is the triploid (3n) hybrid of *L. angustifolia* and *L. latifolia*, cannot be produced from seed because they are sterile and therefore they are propagated vegetatively (Baydar and Kineci, 2009; Özel, 2023).

The world population is constantly increasing, and the sustainability of agricultural production must also increase in order to meet nutritional demands. In order to ensure sustainable agriculture, it is necessary to adhere to cultural processes and, in addition, to plant protection of cultivated plants against diseases, pests, and weeds (Koul et al., 2008). Diseases that are a problem in agricultural areas cause significant losses in terms of quality and yield, and intensive pesticides are used to reduce these losses. Considering the damages caused to the ecosystem in intensive agriculture, studies aimed at preventing intensive pesticide use and developing and disseminating sustainable production models in agriculture are of great importance. Therefore, alternative control methods have begun to be seen as necessary (Berg and Hallman, 2006).

The method of combating endophyte bacteria plays an important role in regulating plant physiology by promoting plant growth with the plant growth regulators they produce in the presence of various biotic and abiotic stress conditions and by providing plant resistance. Inoculation of plants with endophytic bacteria reduces the problems that occur in plants due to diseases and pests, and

thanks to this inoculation, the damage caused by phytopathogens in agricultural production, which causes a great loss of yield, can be prevented (Sturz et al., 2000; Berg and Hallman, 2006). Chemical preparations are the most important factor in disease control, but biological control with biological control agents is one of the most important issues today due to their benefits for human and environmental health. Endophytic bacteria also have an application area that can be effective in this respect. The results of biological control studies conducted with many bacteria in our country show that they have a high potential against various disease agents (Glick, 2015).

In this study, the isolation of endophytic bacteria from the root and root collar regions of lavender plants and from EB candidates in lavender cultivation areas was carried out. The most successful isolates were evaluated by characterization tests and their antagonistic effects against plant pathogenic fungi were determined by *in vitro* studies. It was aimed to minimize the damage caused by these fungal pathogens by determining the % inhibition rates against pathogens that cause damage to lavender plants *in vitro*.

2. Material and Methods

2.1. Endophytic bacteria isolation

Samples were taken from sage (*Lavandula angustifolia*) plants in the Koruklu village of the Akçakele district of the Şanlıurfa province (36° 42' N; 38° 58' E, 410 m altitude). Small pieces were taken from the roots and crowns of lavender plants brought to the laboratory; surface disinfection was performed, and they were planted in nutrient agar (NA) medium. The bacteria showing different growth were purified into the medium as representative colonies (Zvyagintsev, 1991). All representative isolates taken from 24-48 hours of fresh culture on NA medium were stored in 30% glycerol at -80 °C.

2.2. Obtaining and storing pathogen isolates

The *F. culmorum* isolate, designated Fc22, used in the current study was initially obtained

from a diseased wheat sample obtained during a previous research effort (Alkan et al., 2019). The pathogen *N. dimidiatum* (MZ576552.1) and *Fusarium oxysporum* (MW366548.1) were obtained from the Mardin Artuklu University laboratory.

2.3. Investigation of morphological, physiological, and biochemical properties of bacteria

Gram staining; Gram staining of isolates was performed (Demirbağ and Demir, 2005). Catalase: Isolates were grown in nutrient broth for 2 days at 28 °C and 3% H₂O₂ was added and foaming status was observed. If there was foaming, it was evaluated as positive (+); if not, it was evaluated as negative (-) (Holt et al., 1994). Oxidase test: A loopful of freshly developed samples from bacterial isolates was taken and applied on blotting paper; then oxidase (Fluka, N, N-dimethyl-p-phenylenediamine oxalate, α -naphthol) was poured and color change was observed. Blue color formation was concluded as positive (Holt et al., 1994). Carbohydrate Tests: The growth of sterile mineral salts medium separately in glucose, maltose, fructose, xylose, mannitol, and tryptophan media was evaluated at 28 °C for 3, 7, and 14 days (Ji and Wilson, 2002). Tolerance of the isolates to different temperature degrees: The growth of the isolates was examined at 4, 15, 27, 37, and 41 °C (Gardner et al., 1984). Tolerance of the isolates to different concentrations of salt: The isolates were incubated in concentrations of 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, and 10 % NaCl for seven days at 28 °C (Cappucino and Sherman, 1992). Experiments were carried out with 3 replicates.

2.4. Enzymatic activity

2.4.1. Phosphatase activity

The pH of the prepared medium, prepared with Pikovskaya medium (sucrose 10 g, Ca(PO₄)₂ 5 g, (NH₄)₂SO₄ 0.5 g, KCl 0.2 g, MgSO₄·7H₂O 0.1 g, MnSO₄·7H₂O 0.001 g, Fe SO₄·7H₂O 0.001 g, yeast extract 0.5 g, agar 15 g, distilled water 1000 ml), was adjusted to 7±0.2 with 1 M NaOH or 1 M HCl and then poured into Petri dishes after being sterilized. 10 µl of isolates were taken, and they were

cultured in drop form. After 2 and 4 days of development at 28 °C, the formation of a clear zone around the colony was evaluated as positive (+) (Kim et al., 1998). As a control, isolates were grown in media without Ca(PO₄)₂ addition.

2.4.2. Protease activity

Sterile 50 ml skim milk was added to the sterilized 4% agar and 50 ml 1/5 TSA-containing medium and poured into Petri dishes. Cultures were streaked onto Petri dishes with a loop and incubated at 24 °C for 5 days. Light-colored zones around the colony were evaluated as positive (Costa et al., 2006).

2.4.3. Cellulase activity

1 ml of the sterilized B and D solutions was taken and added to the sterilized A+C solution. The prepared medium was poured into sterile Petri dishes. Petri dishes were incubated at 28 °C for 4 days; at the end of incubation, 0.1 % Congo red solution was dropped onto the colony and kept for 15-20 min, then the Petri dishes were washed with 1 N NaCl solution. The clear zone determined around the colony was reported as positive (Egamberdieva et al., 2005).

2.4.4. Nitrate reduction

Prepared media (peptone 10 g, K₂HPO₄ 5 g, agar 2 g, yeast extract 1 g, distilled water 1000 ml, pH= 7.2) were put into 5 ml tubes. Solution A (5 N acetic acid, 50 ml and sulfanilic acid, 400 mg) and solution B (5 N acetic acid 50 ml and 1-naphthylamine, 300 mg) were used as nitrate reagents. The prepared medium was melted at 121 °C for 3 minutes and put into the tubes as 5 ml each and autoclaved at 121°C for 15 minutes. Bacteria were taken from fresh bacterial cultures with a sterile loop, and dipped inoculation was performed into the tubes. The tubes were incubated at 26 °C for 24-48 hours, then 1 drop of Gram iodine was added, followed by 0.5 ml of solution A and 0.5 ml of solution B. A red color in the tubes was considered positive (+) (Lelliot et al., 1966).

2.4.5. ACC deaminase production

The method described by Dworkin and Foster (1958) was used for ACC deaminase production in DF minimal salt medium. Endophytic bacteria were incubated in DF minimal salt medium, and those showing growth in the medium were evaluated as positive.

2.5. Siderophore production

Blue agar medium was used (Schwyn and Neilands, 1987). In those showing color change, the formation of a clear zone was evaluated as positive for siderophore production.

2.6. Antagonistic activity

The effects of endophytic bacterial isolates with detected antagonistic effects against pathogens *N. dimidiatum*, *F. culmorum* and *F. oxysporum* were determined *in vitro* in Petri dishes. Ten microliters of bacterial suspension were dropped onto four equal points 2.5 centimeters from the center of the PDA medium. After 24 hours, a 1-centimeter-diameter mycelial plate of the pathogen was placed in the center. A medium without bacterial inoculation and with only the pathogen mycelial plate was left as a control. The antagonistic activities of bacteria against pathogens were determined. The antagonistic activity of bacteria in Petri dishes against pathogens was calculated according to the formula below (Özyılmaz, 2007).

$$\%RI = (R-r)/R \times 100$$

R: Development of pathogenic fungus on the bacteria-free side

r: Development of pathogenic fungus towards bacteria

%RI: Inhibition rate

3. Findings and Discussion

3.1. Investigation of morphological, physiological, and biochemical properties of bacteria

3.1.1. Gram staining

Endophytic bacteria isolated from lavender LA11, LA8, LA23, LA28, LA53, and LA66 were evaluated as Gr (+) and all other isolates were evaluated as Gr (-).

3.1.2. Catalase test

Isolates LA1, LA5, LA8, LA40, LA47, LA54, LA68, and LA65 were negative in catalase test and all other isolates were positive.

3.1.3. Oxidase test

Endophytic bacteria LA18, LA21, LA22, LA27, LA31, LA34, LA38, LA 44, LA 50, LA 56, LA59, and LA66 were positive in the oxidase test and all other isolates were negative (Table 1).

3.1.4. Tolerance of isolates to different temperatures

In the tolerance test of isolates to different temperature levels, LA6 isolate was positive at 4 °C and all other isolates were negative. Among the 41 °C isolates, LA42 and LA46 isolates were negative, and all other isolates were positive.

3.1.5. Salt tolerance of isolates at different concentrations

In the 10% salt tolerance of endophytic bacteria, LA1, LA5, LA6, LA7, LA8, LA11, LA12, LA13, LA25, LA28, LA41, LA45, LA48, LA50, LA53, and LA61 isolates gave positive results.

Table 1. Physiological and enzymatic test results of endophytic bacteria.

Isolates	Gram Stain	Oxidase Test	Catalase	Phosphatase	Cellulase	Protease	ACC Deaminase	Nitrate reduction	Siderophore production
LA1	Gr(-)	-	+	+++	+	++	+	+	+
LA2	Gr(-)	-	+	+++	+	++	+	+	+++
LA3	Gr(-)	-	+	+++	+	++	+	+	+
LA4	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA5	Gr(-)	-	-	+	+	++	+	-	+
LA6	Gr(-)	-	+	+	+	+++	+	+	+
LA7	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA8	Gr(+)	-	-	++	+	+	+	+	+
LA9	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA10	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+++
LA11	Gr(+)	-	+	+	+	+++	+	-	+++
LA12	Gr(-)	-	-	++	+	++	+	+	+
LA13	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	++
LA14	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	++
LA15	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	-
LA16	Gr(-)	-	+	++	+	++	+	+	-
LA17	Gr(-)	-	+	++	-	++	-	+	-
LA18	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	+	-
LA19	Gr(-)	-	+	++	+	++	+	+	-
LA20	Gr(-)	-	+	+	-	++	+	+	-
LA21	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	-	++
LA22	Gr(-)	+	+	++	+	+++	+	+	++
LA23	Gr(+)	-	+	++	+	++	+	+	+++
LA26	Gr(-)	-	+	+	+	+++	+	+	+
LA27	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	+	-
LA28	Gr(+)	-	+	+	+	++	+	+	++
LA29	Gr(-)	-	+	++	+	++	+	+	++
LA30	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+++
LA31	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	+	+
LA33	Gr(-)	-	+	+++	+	++	+	+	+
LA34	Gr(-)	+	+	+++	-	++	+	+	+
LA35	Gr(-)	-	+	++	-	++	+	+	+
LA36	Gr(-)	-	+	+	-	++	-	-	+
LA37	Gr(-)	-	+	+	-	++	+	+	-
LA38	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	+	-
LA39	Gr(-)	-	+	++	+	++	+	+	-
LA40	Gr(-)	-	-	+	+	++	+	+	-
LA41	Gr(-)	-	+	++	+	+++	+	+	++
LA42	Gr(-)	-	+	+	+	+++	+	+	+
LA43	Gr(-)	-	+	+	+	+++	+	+	+
LA44	Gr(-)	+	+	++	+	+++	+	+	+
LA45	Gr(-)	-	+	+++	+	++	+	+	+++
LA46	Gr(-)	-	+	+++	-	++	-	-	+
LA47	Gr(-)	-	-	++	+	++	+	+	+
LA48	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA49	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA50	Gr(-)	+	+	+	+	++	+	+	+
LA51	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA52	Gr(-)	-	+	++	+	++	-	-	+
LA53	Gr(+)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA54	Gr(-)	-	-	+	+	++	+	+	+
LA55	Gr(-)	-	+	+++	+	+	+	+	+
LA56	Gr(-)	+	+	+++	+	+	+	+	-
LA57	Gr(-)	-	+	+++	-	++	-	-	-
LA59	Gr(-)	+	+	+++	+	++	+	+	+
LA60	Gr(-)	-	-	++	+	++	-	-	++
LA61	Gr(+)	+	+	++	+	++	+	+	+
LA63	Gr(-)	-	+	+	-	+++	-	+	-
LA64	Gr(-)	-	+	+	+	+++	+	+	++
LA65	Gr(-)	-	-	++	+	++	-	-	+
LA66	Gr(+)	+	+	+	+	++	+	+	+
LA67	Gr(-)	-	+	+	-	++	-	+	-
LA68	Gr(-)	-	-	+	+	++	+	+	+
LA69	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+
LA70	Gr(-)	-	+	+	+	++	+	+	+

Phosphatase zone 0,1-0,5 cm (+); 0,5-1 cm (++); 1 cm > (+++); Protease zone: 0,1-0,9 cm (+); 1-1,9 cm (++); 2-2,9 cm (+++); Siderophore production: 0,1-0,4 cm(+); 0,5-0,8 (++); 0,9-1,2 cm (+++)

+:Positive -:Negative

3.1.6. Carbohydrate Tests

As a result of the m-inositol carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA6, LA9, LA59, LA30, LA34, LA38, LA47, LA54, and LA17 were negative and all other isolates were positive. As a result of the maltose carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA5, LA6, LA16, LA20, LA30, LA28, LA38, LA39, LA42, LA55, LA56, LA58, and LA59 were negative, and all other isolates were positive. As a result of the fructose carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA5, LA6, LA16, LA20, LA30, LA31, LA42, LA46, LA54, and LA59 were negative and all other isolates were positive. As a result of the glucose carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA5, LA9, LA10, LA20, LA30, LA31, LA35, LA39, LA46, LA47, LA54, LA55, LA56, and LA59 were negative and all other isolates were positive. As a result of the mannitol carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA5, LA6, LA30, LA46, LA59, and LA65 were negative and all other isolates were positive. As a result of the xylose carbohydrate test of endophytic bacteria, isolates LA5, LA6, LA14, LA30, LA31, LA46, LA47, LA53, and LA54 were negative and all other isolates were positive. In the tryptophan carbohydrate test result of endophytic bacteria, LA2, LA6, LA7, LA8, LA10, LA17, LA30, LA31, LA35, LA36, LA39, LA40, LA53, LA54, LA61, LA64, LA65, LA66, and LA67 isolates gave negative results, and all other isolates gave positive results (Table 2).

3.2. Enzymatic activity

Phosphatase activity: All isolates gave positive results in phosphatase activity of endophytic bacteria (Table 1) (Figure 1a). **Protease Activity:** All isolates gave positive results in protease activity of endophytic bacteria (Table 4.1) (Figure 1b). **Cellulase Activity:** In cellulase activity of endophytic bacteria, isolates LA17, LA20, LA35, LA36, LA37, LA46, LA57, LA63, and LA67 were negative, and all other isolates gave positive results (Table 1) (Figure 1e). **ACC Deaminase Activity:** In ACC deaminase activity of

endophytic bacteria, isolates LA17, LA36, LA46, LA52, LA57, LA60, LA63, LA65, and LA67 were negative, and all other isolates gave positive results (Table 1). **Nitrate Reduction:** In the nitrate reduction activity of endophytic bacteria, LA5, LA11, LA21, LA36, LA46, LA52, LA57, LA60, and LA65 isolates were negative, and all other isolates were positive (Table 1) (Figure 1c). **Siderophore Production:** From endophytic bacteria, LA15, LA16, LA17, LA18, LA19, LA20, LA27, LA37, LA38, LA39, LA40, LA57, LA56, LA62, LA63, and LA67 isolates were negative in siderophore production, and all other isolates were positive in siderophore production. LA2, LA10, LA30, LA23, and LA11 isolates gave the best results in siderophore production (Table 1) (Figure 1d). Idris et al. (2004) reported that ACC deaminase and siderophore are produced among endophytes, and some endophytic bacteria also showed the ability to solubilize phosphate, which is of great importance for the plant during the first colonization and increases P availability in the soil. Mamangkey et al. (2022) reported positive results for important hydrolytic enzyme activities such as amylase, α -amylase, cellulase, chitinase, and protease in most of the endophytic bacteria they isolated from the roots, stems, and leaves of the medicinal plant *Chromolaena odorata*. They stated that bioactive compounds in medicinal plants confirm that they are a habitat for certain plants. Samani et al. (2019) and our study results showed that the isolates that positively contribute to root and stem development have high or low levels of "1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase" (ACCd) production, nitrogen fixation, and siderophore production ability in EB isolates can contribute to plant development. Siderophores have been proven to play an important role in antagonistic interactions with bacteria in soil phytopathogens and in promoting growth in plants. In the study, significant hydrolytic enzyme activities in effective isolates were observed to give positive results and support the study (Table 1). Siderophores not only suppress the effect on phytopathogens but also have a stimulating

effect on plants (Boronin, 1998). Siderophore production was observed in endophytic

bacteria isolated from lavender, and this is also supported by other studies (Table 1).

Table 2. Carbohydrate test results of isolates

Isolates	M-Inositol	Maltose	Fructose	Glucose	Mannitol	Xylose	Tryptophan
LA1	+	+	+	+	+	+	+
LA2	+	+	+	+	+	+	-
LA3	+	+	+	+	+	+	+
LA4	+	+	+	+	+	+	+
LA5	+	-	-	-	-	-	+
LA6	-	-	-	+	-	-	-
LA7	+	+	+	+	+	+	-
LA8	+	+	+	+	+	+	-
LA9	-	+	+	-	+	+	+
LA10	+	+	+	-	+	+	-
LA11	+	+	+	+	+	+	+
LA12	+	-	+	+	+	+	+
LA13	+	+	+	+	+	+	+
LA14	+	+	+	+	+	-	+
LA15	+	+	+	+	+	+	+
LA16	+	+	-	+	+	+	+
LA17	-	+	+	+	+	+	-
LA18	+	+	+	+	+	+	+
LA19	+	+	+	+	+	+	+
LA20	+	+	-	-	+	+	+
LA21	+	+	+	+	+	+	+
LA22	+	+	+	+	+	+	+
LA23	+	+	+	+	+	+	+
LA26	+	+	+	+	+	+	+
LA27	+	+	+	+	+	+	+
LA28	+	-	+	+	+	+	+
LA29	+	+	+	+	+	+	+
LA30	-	-	-	-	-	-	-
LA31	+	+	-	-	+	-	-
LA33	+	+	+	+	+	+	+
LA34	-	+	+	+	+	+	+
LA35	+	+	+	-	+	+	-
LA36	+	+	+	+	+	+	-
LA37	+	+	+	+	+	+	+
LA38	-	-	+	+	+	+	+
LA39	+	-	+	-	+	+	-
LA40	+	+	+	+	+	+	-
LA41	+	+	+	+	+	+	+
LA42	+	-	-	+	+	+	+
LA43	+	+	+	+	+	+	+
LA44	+	+	+	+	+	+	+
LA45	+	+	+	+	+	+	+
LA46	+	+	-	-	-	-	+
LA47	-	+	+	-	+	-	+
LA48	+	+	+	+	+	+	+
LA49	+	+	+	+	+	+	+
LA50	+	+	+	+	+	+	+
LA51	+	+	+	+	+	+	+
LA52	+	+	+	+	+	+	+
LA53	+	+	+	+	+	-	-
LA54	-	+	-	-	+	-	-
LA55	+	-	+	-	+	+	+
LA56	+	-	+	-	+	+	+
LA57	+	+	+	+	+	+	+
LA59	-	-	-	-	-	+	+
LA60	+	+	+	+	+	+	+
LA61	+	+	+	+	+	+	-
LA63	+	+	+	+	+	+	+
LA64	+	+	+	+	+	+	-
LA65	+	+	+	+	-	+	-
LA66	+	+	+	+	+	+	-
LA67	+	+	+	+	+	+	-
LA68	+	+	+	+	+	+	+
LA69	+	+	+	+	+	+	+
LA70	+	+	+	+	+	+	+

+:Positive -:Negative

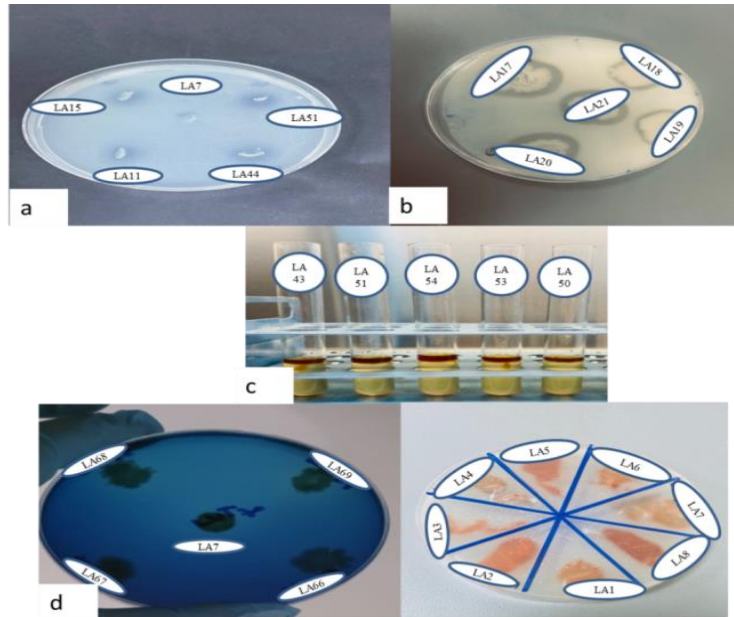


Figure 1. a) Phosphatase test of isolates; b) Protease activity of isolates; c) Nitrate activity of isolates; d) Siderophore production of isolates; e) Cellulase activity of isolates

3.3. Antagonistic activity

3.3.1. Antagonistic activities of endophytic bacteria against *N. dimidiatum*

The antagonistic activities of the developed fungi with bacteria were measured after

incubation. The antagonistic activities of endophytic bacteria against *N. dimidiatum* varied between 80% and 3.7% (Table 3) (Figure 2).

Table 3. Inhibition rates of endophytic bacteria against *N. dimidiatum*

Bacteria	%RI**	Bacteria	%RI*	Bacteria	%RI*	Bacteria	%RI*
LA1	59e	LA19	33j	LA40	63d	LA59	59e
LA2	52f	LA20	52f	LA41	44h	LA60	56e
LA3	52f	LA21	33j	LA42	59e	LA61	67c
LA4	48g	LA22	26k	LA43	56e	LA63	70c
LA5	48g	LA23	3,7o	LA44	44h	LA64	74b
LA6	15m	LA26	48g	LA45	37i	LA65	41h
LA7	3,7o	LA27	41h	LA46	52f	LA66	52f
LA8	56e	LA28	59e	LA47	52f	LA67	44h
LA9	37i	LA29	44h	LA48	78a	LA68	56e
LA10	30j	LA30	78a	LA49	41h	LA69	52f
LA11	44h	LA31	63d	LA50	52f	LA70	78a
LA12	30j	LA33	26k	LA51	56e		
LA13	44h	LA34	26k	LA52	52f		
LA14	56e	LA35	48g	LA53	59e		
LA15	22l	LA36	56e	LA54	78a		
LA16	26k	LA37	67c	LA55	56e		
LA17	7,7n	LA38	74b	LA56	48g		
LA18	33j	LA39	63d	LA57	74b		
F Value				973,06***			

*Differences between means with the same letter in the same column are not significant.

%RI: Inhibition rate

*** Significant at $P \leq 0.001$ level

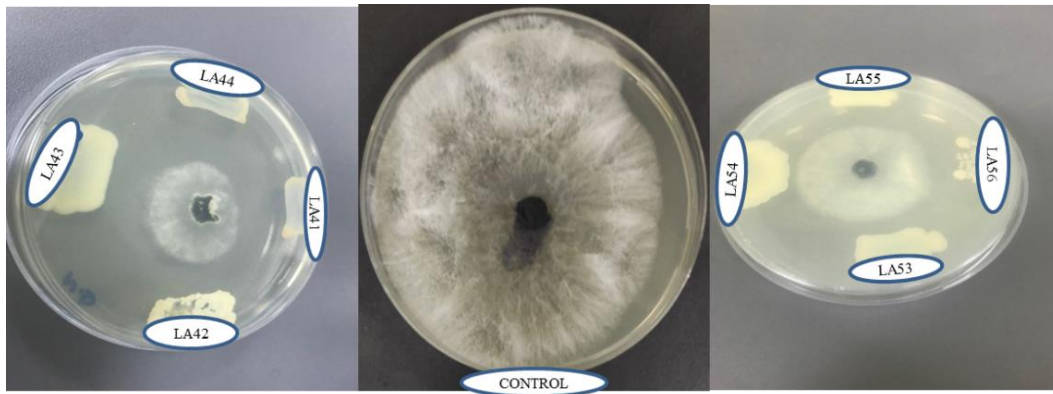


Figure 2. Antagonistic activities of LA41, LA42, LA43, LA44, LA53, LA54, LA55, and LA56 endophytic bacteria against *N. dimidiatum*.

Egamberdieva et al. (2016) and Berg et al. (2014) reported in their studies that endophytes produce various secondary metabolites, benefit their host plants, promote plant growth, and have an effect against diseases. In this case, they stated that endophytes increase plant performance and protect the plant against pests and diseases transmitted in the soil or from the soil, and induce abiotic stress tolerance in plants. Therefore, they reported that endophytes have great potential for use as biopesticides. Our tests of the antagonistic

activity of endophytic bacteria against *F. culmorum* and *N. dimidiatum* also support these studies.

3.3.2. Antifungal activities of endophytic bacteria against *F. culmorum*

The antagonistic activities of the developed fungi with endophytic bacteria were measured after incubation. The antagonistic activities of endophytic bacteria against *F. culmorum* varied between 80% and 8% (Table 4) (Figure 3).

Table 4. % inhibition rates of endophytic bacteria against *Fusarium culmorum*

Bakteri	%RI*	Bakteri	%RI *	Bakteri	%RI *	Bakteri	%RI *
LA1	40ij	LA19	48gh	LA40	48gh	LA59	56ef
LA2	8n	LA20	60de	LA41	40ij	LA60	52fg
LA3	36jk	LA21	52fg	LA42	40ij	LA61	64cd
LA4	48gh	LA22	52fg	LA43	40ij	LA63	72b
LA5	48,gh	LA23	52fg	LA44	20m	LA64	72b
LA6	80a	LA26	40ij	LA45	40ij	LA65	40ij
LA7	52fg	LA27	40ij	LA46	44hi	LA66	44hi
LA8	68bc	LA28	28l	LA47	40ij	LA67	40ij
LA9	80a	LA29	36jk	LA48	60de	LA68	36jk
LA10	64cd	LA30	44hi	LA49	36jk	LA69	68bc
LA11	44hi	LA31	56ef	LA50	52fg	LA70	68bc
LA12	60de	LA33	36jk	LA51	52fg		
LA13	80a	LA34	36jk	LA52	57d-f		
LA14	69bc	LA35	44hi	LA53	56ef		
LA15	64cd	LA36	44hi	LA54	52fg		
LA16	36jk	LA37	56ef	LA55	40ij		
LA17	32kl	LA38	33j-l	LA56	44hi		
LA18	28l	LA39	32kl	LA57	80a		
F Value				133,93***			

*Differences between means with the same letter in the same column are not significant.

%RI: Inhibition rate

*** Significant at $P \leq 0.001$ level

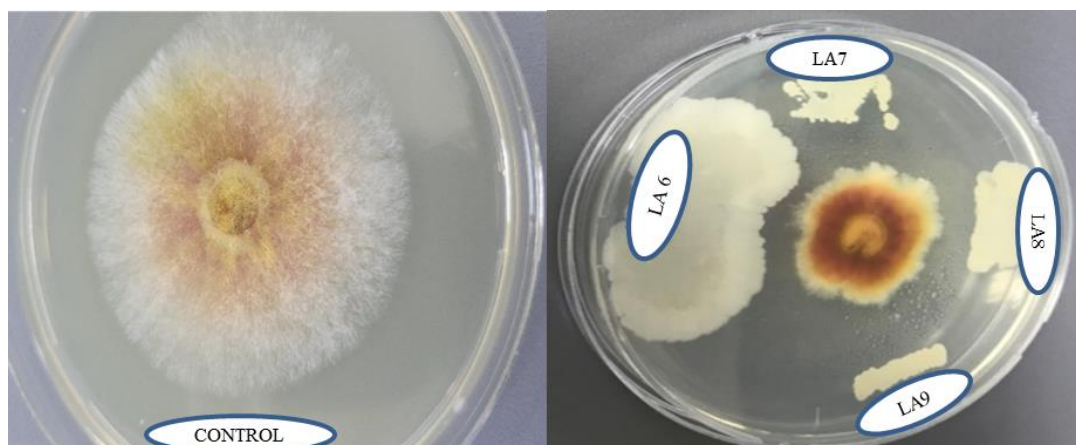


Figure 3. Antifungal activities of LA5, LA6, LA7, LA8, LA9, LA50, LA51 and LA52 endophytic bacteria against *Fusarium culmorum*

In this study, it is thought that there are metabolites with different chemical structures produced by antagonist *Bacillus* isolates that affect the permeability of the fungal membrane inhibit the development of fungal mycelium, and inhibit spore formation.

3.3.3. Antifungal activities of endophytic bacteria against *F. oxysporum*

The antagonistic activities of the developed fungi with endophytic bacteria were measured after incubation. The % inhibition rates of endophytic bacteria against *F. oxysporum* varied between 61.29 % and 36.1 % (Table 5) (Figure 4).

Table 5. % inhibition rates of endophytic bacteria against *F. oxysporum*

Bakteri	%RI*	Bakteri	%RI*	Bakteri	%RI*	Bakteri	%RI*
LA1	40.11n-p	LA19	45.52jk	LA40	48.6gh	LA59	42.99m
LA2	36.80q	LA20	40.11n-p	LA41	36.53q	LA60	39.80n-p
LA3	39.09op	LA21	45.79i-k	LA42	36.27q	LA61	44.71kl
LA4	36.90q	LA22	57.72b	LA43	50.70ef	LA63	50.70ef
LA5	50.70ef	LA23	42.60m	LA44	36.61q	LA64	50.00fg
LA6	58.48b	LA26	47.19hi	LA45	50.70ef	LA65	41.00n
LA7	58.48b	LA27	43.69lm	LA46	54.21c	LA66	43.30lm
LA8	52.49d	LA28	37.17q	LA47	50.70c	LA67	40.50no
LA9	54.21c	LA29	47.19hi	LA48	54.21c	LA68	38.71p
LA10	47.19hi	LA30	50.00fg	LA49	54.21c	LA69	45.79i-k
LA11	51.79de	LA31	54.21c	LA50	43.72lm	LA70	46.49ij
LA12	49.62fg	LA33	36.10q	LA51	50.70ef		
LA13	57.4b	LA34	54.14c	LA52	47.19hi		
LA14	54.21c	LA35	40.11n-p	LA53	61.29a		
LA15	51.79de	LA36	43.69lm	LA54	40.11n-p		
LA16	39.45op	LA37	54.21c	LA55	43.49lm		
LA17	61.29a	LA38	47.19hi	LA56	40.11n-p		
LA18	43.69lm	LA39	50.7ef	LA57	50.70ef		

F value 780.198***

*Differences between means with the same letter in the same column are not significant.

%RI: Inhibition rate

*** Significant at $P \leq 0.001$ level

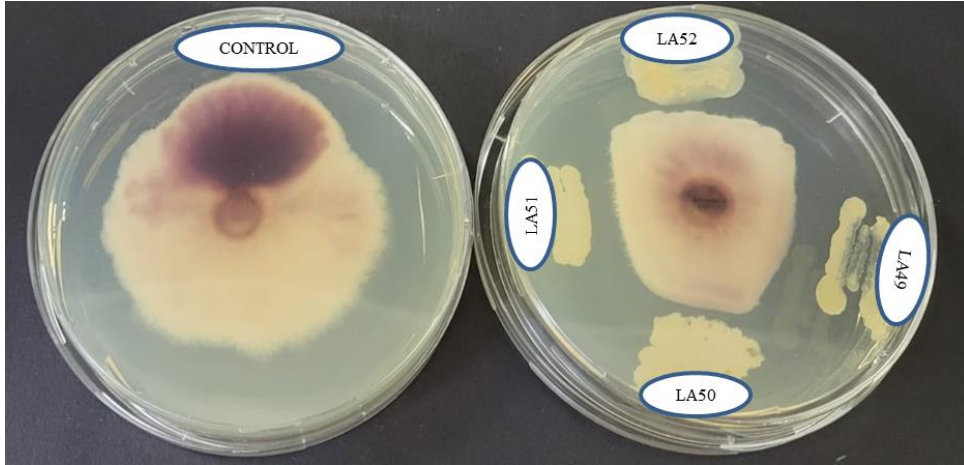


Figure 4. Antifungal activities of LA49, LA50, LA51, and LA54 endophytic bacteria against *Fusarium oxysporum* compared to control

4. Conclusion

In this study, the isolation, characterization, and identification of potential endophytic bacteria from lavender plants were performed. The most successful isolates were determined by evaluating the characterization tests, and their antagonistic effects against plant pathogenic fungi were determined by *in vitro* studies. The aim of this study was to minimize the damage caused by *Neoscytalidium dimidiatum*, *Fusarium culmorum* and *Fusarium oxysporum* pathogens in lavender and to promote plant growth. According to the results of the study, endophytic bacteria gave promising results against some fungal pathogens such as *N. dimidiatum*, *F. culmorum* and *F. oxysporum* that cause diseases in lavender plants. These applications, which affect both plant growth and disease, will later be offered for commercial use in sustainable organic lavender cultivation. After molecular identification of highly effective isolates and field trials, their antagonistic activities against phytopathogenic fungi can be recommended for use as biofungicides.

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

I acknowledge the support and funding provided by Mardin Artuklu University for Project Number: MAÜ.BAP.22.FBE.018.

Acknowledgment

This study was produced from the master's thesis of the second author.

References

- Alkan, M., Göre, M.E., Bayraktar, H., Özer, G., 2019. Kışlık buğdaylarda kök ve kök boğazi çürüklüğüne sebep olan *Fusarium* spp. izolatları arasındaki genetik varyasyonun retrotranspozon temelli IPBS markörleri ile incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2): 250–259.
- Baydar, H., Kineci, S., 2009. Scent composition of essential oil, concrete, absolute and hydrosol from lavender (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(2): 131-136.
- Berg, G., Hallmann, J., 2006. Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes. pp. 53-69. Springer-Verlag.

- Berg, G., Grube, M., Schloter, M., Smalla, K., 2014. Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 5:148.
- Boronin, A.M., 1998. Rhizosphere bacteria of genus *Pseudomonas* promoting growth and development of plants. *Soros Educational Journal*, 10:25–31.
- Cappuccino, J.C., Sherman, N., 1992. In *Microbiology: A Laboratory Manual Third Ed.* Benjamin/ Cummings Pub. Co., New York, pp. 125-179.
- Costa, R., Gomes, N.C.M., Peixoto, R.S., Rumjanek, N., Berg, G., Mendonca-Hagler, L.C.S., Smalla, K., 2006. Diversity and Antagonistic Potential of *Pseudomonas* spp. Associated to the Rhizosphere of Maize Grown in a Subtropical Organic Form. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2434: 2447.
- Dworkin, M., Foster, J., 1958. Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. *Journal of Bacteriology*, 75: 592-601.
- Egamberdieva, D., 2005. Plant-Growth-promoting rhizobacteria isolated from a calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: biochemical characterization and effectiveness. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 94-99.
- Egamberdieva, D., 2016. *Bacillus* spp.: A potential plant growth stimulator and biocontrol agent under hostile environmental conditions. In *Bacilli and Agrobiotechnology*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 91–111.
- Gardner, J.M., Chandler, J.L., Feldman, A.W., 1984. Growth promotion and inhibition by antibiotic producing fluorescent pseudomonads citrus roots. *Plant and Soil*, 77: 103-113.
- Glick, B.R., 2015. Biocontrol mechanisms. In: Glick, B. R. (Eds) *Beneficial plant-bacterial interactions* (pp. 123--157). Springer, New York.
- Holt, G.J., Krieg, N.R., Sneath, P.H., Staley, J.T., Williams, S.T., 1994. In: *Bergey's manual of determinative bacteriology*. ninth ed. The Williams and Wilkins Pub., M.D., USA. *Growth Applied and Environmental Microbiology*, 66: 948-955.
- Idris, R., Trifonova, R., Puschenreiter, M., Wenzel, W.W., Sessitsch, A., 2004. Bacterial communities associated with flowering plants of the Ni hyperaccumulator *Thlaspi goesingense*. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 2667–2677.
- Ji, P., Wilson, M., 2002. Assessment of the Importance of similarity in carbon source utilization profiles between the biological control agent and the pathogen in biological control of bacterial speck of tomato. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 4383- 4389.
- Kim, K.Y., Jordan, D., McDonald, G.A., 1998. Enterobacter agglomerans, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: effect of carbon sources. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 995-1003.
- Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G.S. 2008. Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International*, 4: 63-84.
- Lelliott, R.A., Billing, E., Hayward, A.C., 1966. A determinative scheme for the fluorescent plant pathogenic pseudomonads. *Journal of Applied Bacteriology*, 29: 470-489.
- Mamangkey, J., Mendes, L.W., Harahap, A., Briggs, D., Kayacilar C. 2022. Endophytic bacteria and fungi from Indonesian medicinal plants with antibacterial, pathogenic antifungal and extracellular enzymes activities: a review. *International Journal of Science, Technology & Management*, 3(1): 245-255.
- Özel, A., 2023. Lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.)'de morfogenetik varyabilitenin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(2): 166-174.

- Özyılmaz, Ü., 2007. Biological control of strawberry root diseases by rhizobacteria in Aydın province. PhD thesis, Adnan Menderes University, Institute of Science, Turkey.
- Samani, M.R., Pirbalouti, A.G., Moattar, F., Golparvar, A.R. 2019. L-Phenylalanine and bio-fertilizers interaction effects on growth, yield and chemical compositions and content of essential oil from the sage (*Salvia officinalis* L.) leaves. *Industrial Crops and Products*, 137: 1-8.
- Schwyn, B., Neilands, J.B., 1987. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Anal Biochem*, 160:47-56.
- Sturz, A.V., Christie, B.R. Nowak, J., 2000. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19: 1-30.
- Zvyagintsev, D.G., 1991. Methods for Soil Microbiology and Biochemistry. Moscow State University, Moscow.

To Cite

Güler Güney, İ., Keske, M.A., 2025. Lavanta (*Lavandula angustifolia*) Bitkisinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin Karakterizasyonu ve Antifungal Etkisinin İncelenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 190-202.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14604346>.



Effects of Different Cultivation Systems and Fruit Parts on Mineral Composition: a Case Study on Kumquat

Kerem MERTOĞLU¹, İlknur ESKİMEZ^{2*}, Fatma Nur ŞENLİK¹, Veli UYGUR³

¹ Usak University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Usak

² Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Isparta

³ Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Isparta

*Corresponding author: ilknureskimez01@gmail.com

Abstract

This study investigates the impact of open-field and greenhouse cultivation systems on the mineral composition of kumquat (*Fortunella margarita*), with particular attention to variations between fruit peel and pulp. The research utilized fruits harvested from 4-year-old plants cultivated in Muğla, Turkey. Elemental analysis of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn) was conducted using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) and UV/VIS spectrometry. Results indicated significantly higher mineral concentrations under greenhouse conditions, with Mg increasing from 0.86 g kg⁻¹ in open-field cultivation to 1.25 g kg⁻¹ in greenhouse conditions, and Fe rising from 60.83 mg kg⁻¹ to 67.85 mg kg⁻¹. The peel exhibited a higher mineral density compared to the pulp, as evidenced by Fe levels of 66.74 mg kg⁻¹ in the peel versus 61.94 mg kg⁻¹ in the pulp. Macronutrient concentrations, including N (1.03 g kg⁻¹ vs. 0.83 g kg⁻¹) and K (1.68 g kg⁻¹ vs. 1.24 g kg⁻¹), were also elevated in greenhouse-grown fruits. Correlation analysis revealed strong positive relationships between K and Ca (r = 0.77), Mg and K (r = 0.72), and Mg and Ca (r = 0.81), emphasizing their synergistic roles in nutrient transport and photosynthetic processes. These findings underscore the efficacy of greenhouse cultivation in optimizing nutrient uptake, distribution, and fruit quality, providing critical insights for enhancing kumquat production practices.

Research Article

Article History

Received :20.09.2024
Accepted :29.10.2024

Keywords

Kumquat
mineral composition
cultivation systems
elemental analysis

1. Introduction

Protected cultivation serves as a significant alternative production technique by enabling the cultivation of crops beyond their natural ecology (Shamshiri et al., 2018). Unlike natural conditions, protected cultivation accelerates early temperature increases and maintains consistently higher levels (Badji et al., 2022). This feature is particularly advantageous for cultivating tropical and subtropical crops in regions characterized by continental climates (Zhang et al., 2022).

In recent years, the increasing demand for early-season production has led to the widespread adoption of protected cultivation across diverse fruit groups, including peaches, almonds, bananas, and strawberries (Güneş and Gübbük, 2006; İmrak et al., 2009). The primary advantages of protected cultivation include early and extended harvest periods, reduced water consumption, prolonged periods of optimal growth temperatures, enhanced photosynthetic activity, safeguarded cultivation, and superior fruit quality. These benefits have significantly contributed to its global expansion. Comparative studies have demonstrated that protected cultivation, relative to open-field practices, promotes early ripening in peaches (Demiral and Ülger, 2021) and apples (İmrak et al., 2009), extends the maturation period while enhancing fruit quality in Ponkan mandarins (Lin et al., 2016), and improves yield, fruit size, and earliness in bananas (Güneş and Gübbük, 2006).

Citrus fruits constitute the most extensively cultivated fruit group globally. Renowned for their aromatic appeal, these fruits are highly valued for their diverse phytochemical profile, which imparts significant health benefits, including protective effects against atherosclerosis, osteoporosis, prostate and breast cancers, and antimicrobial properties (Guthrie and Carroll, 1998; Gao et al., 2006; Shalaby et al., 2011; Barreca et al., 2017). As a result, citrus consumption has surged in both developed and developing nations over recent years (Liu et al., 2012). Reflecting their economic and nutritional importance, citrus

fruits occupy a leading position in global agricultural trade (Alquézar et al., 2017).

Although citrus fruits are traditionally of tropical origin, modern cultivation predominantly occurs under subtropical climate conditions. Different species and varieties exhibit varied responses to these ecological conditions (Iwasaki et al., 1986). For instance, kumquat a species known for its rapid growth and extended flowering period can be cultivated as far as 36° north latitude. Its resilience to brief and moderate frosts enables robust vegetative growth in subtropical climates (Chang et al., 2014; Manner et al., 2006). Combining the extended shoot development and flowering periods facilitated by subtropical conditions with the benefits of protected cultivation yields particularly favorable outcomes during periods of limited fruit diversity and market supply.

Kumquat is a highly functional fruit characterized by its diverse industrial applications and abundant bioactive compounds (Gölükcü et al., 2011; Turgut et al., 2015). However, existing literature provides limited insights into the effects of different cultivation systems on its mineral composition. This study aims to fill this gap by investigating the influence of open-field and protected cultivation systems on the mineral profile of kumquat. Furthermore, it seeks to explore the interrelationships among various properties to assess their potential for integrated consideration, offering a comprehensive perspective on optimizing kumquat production.

2. Material and Methods

2.1. Plant material

Fruits harvested from 4-year-old *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle grafted onto Carrizo citrange located in Muğla were used as material in the study. Plants with 2 x 1 m planting distances were irrigated and fertilized using drip irrigation. All cultural practices were carried out routinely. The formation of coloration and taste were considered criteria for fruit harvesting.

2.2. Environmental conditions

Maximum temperatures were recorded in August, with values reaching 33.7 °C under open-field and 51.12 °C in the greenhouse. The minimum temperature was observed in February under open-field (6.8 °C) and in January within the greenhouse (6.2 °C). The average temperature was slightly higher in open-field (10.5 °C) compared to the greenhouse (10.2 °C). Relative humidity levels were generally higher in open-field than in the greenhouse. The lowest humidity under open-field was recorded in September (64.9%), while the highest value was observed in November (80.4%). Under the greenhouse, humidity reached its lowest in July (41.59%) and peaked in November (65.30%). Rainfall data revealed that January was the wettest month under open field, with a total precipitation of 406.3 mm (Anonymous, 2024).

2.3. Methods

2.3.1. Sample preparation

The samples were decontaminated through sequential washing in a detergent solution, followed by tap and distilled water rinsing to remove any external contaminants. Subsequently, the samples were dried at a controlled temperature of 70 °C until a constant weight was achieved. Dried samples were then homogenized by grinding to a particle size of less than 0.5 mm for uniformity in analysis.

2.3.2. Chemical analysis

The powdered samples were subjected to acid digestion using a nitric acid (HNO₃) and perchloric acid (HClO₄) mixture in a 3:1 volume ratio, as described by Kacar (1972). Elemental analysis included the determination of K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, and Zn, which were quantified using an inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP-AES; Varian Liberty Series II, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA). P content was determined through the Barton reagent method using a UV/VIS spectrometer (Shimadzu 1208, Shimadzu, Kyoto, Japan) according to Barton

(1948). Total nitrogen content was analyzed using the micro-Kjeldahl method (Lees, 1971). The elemental composition of the leaves was evaluated against established threshold values as reported by Marchal (1987). This systematic approach ensured the precision and reliability of the mineral and nutrient quantification for subsequent interpretation and comparison.

2.3.3. Statistical analysis

The study was established according to the randomized plot experimental design with 36 replications (Zar, 2013). Minitab-21 (Minitab Inc., State College, Pennsylvania, USA) package program was used in the analysis.

3. Results and Discussion

The Table 1 summarizes nutrient concentrations (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn) in fruits under different cultivation systems (greenhouse and open field) and their partitioning between fruit peel and pulp. ANOVA results assess the statistical significance of cultivation system (YS), fruit part (MK), and their interaction (YS × MK) on nutrient content.

In the context of macronutrients, no statistically significant impact of cultivation systems was observed on the concentrations of N, P, K, and Ca, while Mg was significantly influenced. Notably, all macronutrient levels were slightly elevated under protected cultivation compared to open-field conditions. Specifically, the concentrations of N, P, K, Ca, and Mg were measured at 0.83 g kg⁻¹, 1.11 g kg⁻¹, 1.24 g kg⁻¹, 2.48 g kg⁻¹, and 0.86 g kg⁻¹ under open-field conditions, respectively. These levels increased to 1.03 g kg⁻¹, 1.14 g kg⁻¹, 1.68 g kg⁻¹, 2.57 g kg⁻¹, and 1.25 g kg⁻¹ under protected cultivation (Table 1).

For micronutrients, while no significant differences were observed in Cu and Zn concentrations across cultivation systems or fruit parts, Fe accumulation was significantly affected by both factors. Iron levels were notably higher under protected cultivation (67.85 mg kg⁻¹) compared to open-field conditions (60.83 mg kg⁻¹). Similarly, Fe accumulation was greater in the peel (66.74 mg

kg⁻¹) than in the pulp (61.94 mg kg⁻¹). Mn, on the other hand, showed significant variation solely in terms of fruit parts, with higher levels detected in the peel (10.24 mg kg⁻¹) compared

to the pulp (9.38 mg kg⁻¹) (Table 1). These findings underscore the influence of cultivation practices and fruit morphology on mineral distribution.

Table 1. Effects of cultivation systems and fruit parts on mineral composition

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Cultivation systems (CS)									
Greenhouse	1.03±0.15	1.14±0.04	1.68±0.52	2.57±0.46	1.25±0.20A	9.49±2.27	9.83±0.48	67.85±8.33A	19.77±0.52
Open fields	0.83±0.04	1.11±0.03	1.24±0.14	2.48±0.28	0.86±0.19B	9.34±0.41	9.79±0.63	60.83±4.16B	19.40±1.49
Fruit parts (FP)									
Peel	0.95±0.15	1.15±0.02	1.52±0.08	2.62±0.13	1.22±0.23A	9.46±0.40	10.24±0.25A	66.74±3.60A	19.71±0.52
Pulp	0.91±0.17	1.10±0.02	1.40±0.63	2.43±0.50	0.89±0.24B	9.36±0.30	9.38±0.27B	61.94±9.55B	19.41±1.50
ANOVA (with F-values)									
Cultivation systems (CS)	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	*	NS
Fruit parts (FP)	NS	NS	NS	NS	***	NS	*	*	NS
CS* FP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

* p < 0.05, *** p < 0.001, ns: non-significant

The greenhouse cultivation system provides an environment where environmental conditions are more controlled, offering advantages in terms of mineral uptake and transport within the plant. Notably, a statistically significant increase in Mg content was observed in greenhouse-grown plants compared to those cultivated under open-field conditions (p<0.05). This enhanced mineral uptake can be attributed to the regulated temperature, humidity, and light conditions characteristic of greenhouse cultivation, which enable better stomatal regulation, improved photosynthetic efficiency, and optimized nutrient transport (Balliu et al., 2021; Farvardin et al., 2024; Ahmed et al., 2024).

Analysis of fruit parts revealed that the peel was richer in mineral content than the pulp, particularly for Zn and Mg, with significantly higher levels in the peel compared to the pulp (Table 1). This higher mineral content in the peel can be linked to its functions in defense and nutrient storage (Singh et al., 2020; Lu et al., 2023). The accumulation of minerals in the cuticle and cell wall during fruit development also contributes to this mineral enrichment (Paul et al., 2012; García-Coronado et al., 2022). Additionally, minerals stored in the peel contribute to strengthening the plant's defense mechanisms against environmental stressors (Paul et al., 2012; García-Coronado et al.,

2022). Furthermore, higher Fe accumulation in the peel under greenhouse conditions, compared to open-field conditions, was observed. This suggests that iron is particularly sensitive to environmental variations, and the controlled microclimate in the greenhouse optimizes the transport of this mineral (Luro et al., 2020; Meng et al., 2022). The stable meteorological conditions under greenhouse cultivation enhance both photosynthetic activity and nutrient uptake from the root zone, thereby promoting mineral accumulation in the fruit (Khalil et al., 2018; Balliu et al., 2021).

On the other hand, the lower mineral accumulation in the fruit pulp suggests that this part of the fruit is more closely associated with metabolic processes such as energy storage and water regulation. This is consistent with the understanding that the transport of nutrients in citrus plants is highly sensitive to environmental conditions. Greenhouse cultivation, with its stable water potential and ion transport, supports the accumulation of essential minerals like Mg, Zn, and Fe in both the peel and pulp. Magnesium, a fundamental component of chlorophyll molecules, plays a key role in the efficiency of photosynthetic processes (Ye et al., 2019). Under greenhouse conditions, plants that exhibit higher photosynthetic efficiency are able to better utilize and store these minerals. Iron, on the

other hand, plays a critical role in cellular respiration, energy production, and the facilitation of oxygen transport during plant growth (Rout and Sahoo, 2015). In contrast, open-field cultivation, characterized by temperature and humidity fluctuations, can negatively affect these processes, potentially leading to mineral deficiencies.

These findings corroborate previous research and underscore the advantages of greenhouse cultivation systems in optimizing mineral transport and accumulation, thus enhancing the overall fruit quality of citrus crops (Vincent et al., 2020; Vives-Peris et al., 2023).

The correlation coefficients provided in Table 2 illustrate the relationships among the various mineral elements examined, indicating different levels of interrelationships. These results can be contextualized within the physiological processes and biological

functions of these minerals in plants. One particularly notable correlation is the significant positive relationship between K and Ca ($r = 0.77$). Both potassium and calcium are essential plant nutrients that play critical roles in cell wall integrity and osmoregulation. Potassium helps regulate intracellular water balance, enhancing plant resilience to water stress, while calcium contributes to the structural stability of the cell wall and is involved in cellular signaling pathways (Tuma et al., 2004; Malvi, 2011). The positive correlation between these two elements suggests a complementary relationship, with both nutrients likely being absorbed and utilized simultaneously, contributing to improved water management and overall cellular structure within the plant. This finding emphasizes the importance of these two minerals working in tandem to support plant health and function.

Table 2. Correlation coefficients among the investigated traits

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
P	0.25 ^{ns}							
K	0.72 ^{**}	0.51 [*]						
Ca	0.64 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.77 ^{**}					
Mg	0.49 [*]	0.81 ^{***}	0.55 [*]	-0.05 ^{ns}				
Cu	0.19 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.06 ^{ns}			
Mn	-0.05 ^{ns}	0.62 ^{**}	0.13 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	0.57 [*]	0.14 ^{ns}		
Fe	0.04 ^{ns}	0.48 [*]	0.51 [*]	0.00 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.56 [*]	0.31 ^{ns}	
Zn	0.07 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.51 [*]	-0.41 ^{ns}

*, **, ***: Significant at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively; ns: non-significant.

The significant correlation between K and Mg ($r = 0.72$, $p < 0.05$) is particularly noteworthy in the context of plant nutrition and physiology. Magnesium, as the central atom of the chlorophyll molecule, is indispensable for the photosynthetic process, while potassium plays a vital role in maintaining osmotic balance and regulating key cellular activities in plants (Tränkner et al., 2018; Sardans and Peñuelas, 2021; Ahmed et al., 2023). This observed relationship suggests a synergistic interplay, wherein plants utilize these two elements concurrently to enhance photosynthetic efficiency and overall metabolic activity. Moreover, it is plausible that magnesium facilitates potassium uptake or that both minerals function collaboratively in

energy production pathways, thus contributing to improved physiological performance in plants.

The robust correlation between Mg and Ca ($r = 0.81$, $p < 0.05$) further underscores the integrated roles of these macronutrients in plant growth and development. Calcium is fundamental to cellular signaling and maintaining cell wall integrity, while magnesium serves as a core component of chlorophyll and is central to photosynthetic reactions (Pandey, 2015; Bhatla et al., 2018). The strong positive correlation between these minerals indicates a complementary relationship, potentially enhancing cell wall stability and optimizing photosynthetic

activity, crucial for sustaining plant health under varying environmental conditions.

In contrast, the lack of significant correlations between Cu and other minerals suggests that copper's physiological roles may be more specialized or less directly interactive with those of other nutrients. Copper is primarily involved in enzymatic activation and the electron transport chain, with limited influence on the transport or utilization of minerals such as potassium, calcium, or magnesium (Hänsch and Mendel, 2009). Similarly, the generally weak correlations observed between Fe and other minerals highlight the distinct role of iron in chlorophyll synthesis and its contribution to photosynthetic processes. However, iron's interactions with other minerals are likely mediated through specific metabolic pathways rather than direct interdependence (Rout and Sahoo, 2015; Cakmak and Engels, 2024).

A significant correlation was observed between Fe and Mg ($r=0.61$, $p<0.05$), indicating a potential functional relationship between these two minerals in energy production and metabolic processes. Both iron and magnesium play essential roles in enzymatic activity and photosynthetic efficiency, and their concurrent utilization may reflect their coordinated involvement in enhancing plant resilience and productivity. This relationship emphasizes the importance of integrated nutrient management strategies to optimize plants' physiological functions and overall growth potential.

4. Conclusion and Recommendations

This study highlights the significant influence of cultivation systems and fruit anatomy on the mineral composition of kumquat (*Fortunella margarita*), providing critical insights for optimizing production strategies. Greenhouse cultivation was shown to enhance the accumulation of essential minerals, including Mg, K, and Fe, compared to open-field systems. For instance, Mg levels increased from 0.86 g kg^{-1} in open-field conditions to 1.25 g kg^{-1} under greenhouse environments, while Fe concentrations rose

from 60.83 mg kg^{-1} to 67.85 mg kg^{-1} . Additionally, the peel exhibited consistently higher mineral concentrations than the pulp, emphasizing its role in nutrient storage. Notable correlations, such as those between potassium and calcium ($r=0.77$) and magnesium and calcium ($r=0.81$), further reveal the synergistic interplay of these elements in plant physiological processes, stressing the importance of balanced nutrient management.

Based on these findings, it is recommended to prioritize greenhouse cultivation, particularly in regions with challenging climatic conditions, to enhance mineral uptake and fruit quality. Fertilization strategies should integrate the synergistic interactions of key macronutrients, ensuring balanced nutrient availability for optimal plant development. Moreover, the potential of kumquat peel, with its higher mineral content, should be explored for value-added applications in the nutraceutical and food industries. Future research should focus on the long-term effects of cultivation systems on kumquat yield, phytochemical properties, and economic viability. Investigations into the influence of environmental stressors, advanced irrigation techniques, and nutrient dynamics will further contribute to sustainable and efficient production practices, maximizing the agronomic, nutritional, and economic potential of kumquat cultivation.

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

Ilknur Eskimez thanks for the financial support from the Council of Higher Education 100/2000 (YOK) under the special 100/2000 scholarship program and the Scientific and

Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under the BIDEB/2211-A and BIDEB/2250 Ph.D.

References

- Anonymous, 2024. General Directorate of Meteorology. (<https://www.mgm.gov.tr/>), (Accessed: 12.07.2024).
- Ahmed, N., Zhang, B., Bozdar, B., Chachar, S., Rai, M., Li, J., Tu, P., 2023. The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1285512.
- Ahmed, N., Zhang, B., Deng, L., Bozdar, B., Li, J., Chachar, S., Tu, P., 2024. Advancing horizons in vegetable cultivation: a journey from age-old practices to high-tech greenhouse cultivation—a review. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1357153.
- Alquézar, B., Rodríguez, A., de la Peña, M., Peña, L., 2017. Genomic analysis of terpene synthase family and functional characterization of seven sesquiterpene synthases from *Citrus sinensis*. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1481.
- Badji, A., Benseddik, A., Bensaha, H., Boukhelifa, A., Hasrane, I., 2022. Design, technology, and management of greenhouse: A review. *Journal of Cleaner Production*, 373: 133753.
- Balliu, A., Zheng, Y., Sallaku, G., Fernández, J.A., Gruda, N.S., Tuzel, Y., 2021. Environmental and cultivation factors affect the morphology, architecture and performance of root systems in soilless grown plants. *Horticulturae*, 7(8): 243.
- Barreca, D., Gattuso, G., Bellocco, E., Calderaro, A., Trombetta, D., Smeriglio, A., Nabavi, S. M., 2017. Flavanones: Citrus phytochemical with health-promoting properties. *BioFactors*, 43(4): 495-506.
- Barton, C.F., 1948. Photometric analysis of phosphate rock. *Analytical Chemistry*, 20: 1068–1073.
- Bhatla, S.C., A. Lal, M., Kathpalia, R., Bhatla, S.C., 2018. Plant mineral nutrition. *Plant Physiology, Development and Metabolism*, 37-81.
- Çakmak, İ., Engels, C., 1999. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. *Mineral Nutrition of Crops*, 1: 141–168.
- Chang, C.C., Wang, J.L., Lung, S.C.C., Chang, C.Y., Lee, P.J., Chew, C., Ou-Yang, C.F., 2014. Seasonal characteristics of biogenic and anthropogenic isoprene in tropical–subtropical urban environments. *Atmospheric Environment*, 99: 298-308.
- Demiral, S., Ülger, S., 2021. Investigation of the effects of different applications on earliness and fruit properties of some peach cultivars grown in pots in plastic greenhouse. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1): 1-7.
- Farvardin, M., Taki, M., Gorjian, S., Shabani, E., Sosa-Savedra, J.C., 2024. Assessing the physical and environmental aspects of greenhouse cultivation: a comprehensive review of conventional and hydroponic methods. *Sustainability*, 16(3): 1273.
- Gao, K., Henning, S. M., Niu, Y., Youssefian, A. A., Seeram, N. P., Xu, A., Heber, D., 2006. The citrus flavonoid naringenin stimulates DNA repair in prostate cancer cells. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 17(2): 89-95.
- García-Coronado, H., Tafolla-Arellano, J.C., Hernández-Oñate, M.Á., Burgara-Estrella, A.J., Robles-Parra, J.M., Tiznado-Hernández, M.E., 2022. Molecular biology, composition and physiological functions of cuticle lipids in fleshy fruits. *Plants*, 11(9):
- Gölküçü, M., Toker, R., Coşkun, R., 2011. Effect of cultivation techniques on essential oil composition of kumquat (*Fortunella margarita*). 4th International Congress on Food and Nutrition, Conference Proceedings Book, 12-14 October, Istanbul, Türkiye, s. 145: 1133.

- Guthrie, N., Carroll, K., 1998. Inhibition of mammary cancer by citrus flavonoids. *Flavonoids in the Living System*, 227-236.
- Güneş, E., Gübbük, H., 2006. Değişik papaya çeşitlerinde (*Carica papaya* L.) tohumlara yapılan bazı ön işlemlerin tohum çimlenme oranı ve süresi üzerine etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19(1): 107-114.
- Hänsch, R., Mendel, R.R., 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 259-266.
- Turgut, D.Y., Gölükçü, M., Tokgöz, H., 2015. Some physical and chemical properties of kumquat (*Fortunella margarita* Swing.) fruit and jam. *Derim*, 32(1): 71-80.
- Iwasaki, N., Oogaki, C., Iwamasa, M., Matsushima, J., Ishihata, K., 1986. Adaptability of citrus species based on the relationships between climatic parameters and fruit quality characteristics. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 55(2): 153-168.
- Gölükçü, M., Toker, R., Tokgöz, H., Çınar, O., Özdemir, M., 2017. Changing of essential oil content and composition of peel of kumquat (*Fortunella margarita* Swing.) according to rootstocks. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(1): 69-76.
- İmrak, B., Küden, A., Sarıeroğulları, A., Küden, A., 2009. Subtropik koşullarda örtü altında elma yetiştiriciliği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1): 187-193.
- Kacar, B., 1972. *Chemical analyses of plants and soils. II, Plant analyses*. Ankara University Faculty of Agriculture Publications, Ankara University Press, 453.
- Khalil, U., Ali, S., Rizwan, M., Rahman, K.U., Ata-Ul-Karim, S.T., Najeeb, U., Hussain, S.M., 2018. Role of mineral nutrients in plant growth under extreme temperatures. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 499-524.
- Lees, R., 1971. *Laboratory Handbook of Methods of Food Analysis*. London: Leonard Hill Books.
- Lin, Q., Qian, J., Zhao, C., Wang, D., Liu, C., Wang, Z., Chen, K., 2016. Low temperature induced changes in citrate metabolism in ponkan (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan) fruit during maturation. *PloS one*, 11(6): e0156703.
- Liu, Y., Heying, E., Tanumihardjo, S.A., 2012. History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6): 530-545.
- Lu, X., Zhao, C., Shi, H., Liao, Y., Xu, F., Du, H., Zheng, J., 2023. Nutrients and bioactives in citrus fruits: different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(14): 2018-2041.
- Luro, F., Garcia Neves, C., Costantino, G., da Silva Gesteira, A., Paoli, M., Ollitrault, P., Gibernau, M., 2020. Effect of environmental conditions on the yield of peel and composition of essential oils from citrus cultivated in Bahia (Brazil) and Corsica (France). *Agronomy*, 10(9): 1256.
- Malvi, U.R., 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1): 106-109.
- Manner, H.I., Buker, R.S., Smith, V.E., Ward, D., Elevitch, C.R., 2006. Citrus (citrus) and Fortunella (kumquat). *Species Profile for Pacific Island Agroforestry*, 2: 1-35.
- Marchal, J., 1987. Citrus. In P. M. Prevel, J. Gagnard, P. Gautier (Eds.), *Plant analysis*, 320-352.
- Meng, X., Guo, J., Zheng, G., Yang, J., Yang, J., Chen, T., Li, Y., 2022. Combination of low-accumulation kumquat cultivars and amendments to reduce Cd and Pb accumulation in kumquat grown in contaminated soil. *Journal of Cleaner Production*, 365: 132660.

- Pandey, R., 2015. Mineral nutrition of plants. In: B. Bahadır, M.V. Rajam, L. Sahijram, K.V. Krishnamurthy (Ed), Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement, 1st edn, Springer, India, pp. 499-538.
- Paul, V., Pandey, R., Ramesh, K.V., Singh, A., 2012. In: A. Hemantaranjan, (Ed), Advances in Plant Physiology; An International Treatise Series: Nutriophysiological and Molecular Interventions for Crop Improvement under Changing Climate, 1st edn, Scientific Publishers, India, pp. 56-96.
- Rout, G.R., Sahoo, S., 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3: 1-24.
- Sardans, J., Peñuelas, J., 2021. Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. *Plants*, 10(2): 419.
- Shalaby, N.M., Abd-Alla, H.I., Ahmed, H.H., Basoudan, N., 2011. Protective effect of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantifolia* against osteoporosis and their phytochemical constituents. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(4): 579-588.
- Shamshiri, R., Kalantari, F., Ting, K.C., Thorp, K.R., Hameed, I.A., Weltzien, C., Shad, Z.M., 2018. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1): 1-22.
- Singh, J., Chahal, T.S., Gill, P.S., 2020. Seasonal progression in nutrition density of mandarin cultivars and their relationship with dry matter accumulation during fruit development period. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(22): 2791-2804.
- Tränkner, M., Tavakol, E., Jákli, B., 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia plantarum*, 163(3): 414-431.
- Tuma, J., Skalicky, M., Tumova, L., Bláhová, P., Rosulkova, M., 2004. Potassium, magnesium and calcium content in individual parts of *Phaseolus vulgaris* L. plant as related to potassium and magnesium nutrition. *Plant Soil and Environment*, 50(1): 18-26.
- Vincent, C., Morillon, R., Arbona, V., Gómez-Cadenas, A., 2020. In: M. Talon, M. Caruso, F.G. Gmitter Jr. (Ed), The Genus Citrus, 1st edn, Woodhead Publishing, United Kingdom, pp. 271-289.
- Vives-Peris, V., López-Climent, M.F., Moliner-Sabater, M., Gómez-Cadenas, A., Pérez-Clemente, R.M., 2023. Morphological, physiological, and molecular scion traits are determinant for salt-stress tolerance of grafted citrus plants. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1145625.
- Ye, X., Chen, X. F., Deng, C. L., Yang, L. T., Lai, N. W., Guo, J. X., Chen, L. S., 2019. Magnesium-deficiency effects on pigments, photosynthesis and photosynthetic electron transport of leaves, and nutrients of leaf blades and veins in *Citrus sinensis* seedlings. *Plants*, 8(10): 389.
- Zar, J., 2013. Biostatistical Analysis: Pearson New International Edition. Pearson Higher Education, New York
- Zhang, M., Yan, T., Wang, W., Jia, X., Wang, J., Klemeš, J.J., 2022. Energy-saving design and control strategy towards modern sustainable greenhouse: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 164: 112602.

To Cite

Mertoğlu, K., Eskimez, İ., Şenlik, F.N., Uygur, V., 2025. Effects of Different Cultivation Systems and Fruit Parts on Mineral Composition: a Case Study on Kumquat. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 203-211.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14617141>.



The Effect of Irrigation in the Different Development Periods on Yield and Yield Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Halil MARAŞ¹ , Belgin COŞGE ŞENKAL^{2*} 

¹ International Center for Livestock Research and Training, Ankara

² Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Yozgat

*Corresponding author: belgin.senkal@yobu.edu.tr

Abstract

This study was conducted to determine the effects of the yield and yield components of some safflower cultivars of irrigation in different development periods. Six safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars (Remzibey, Balci, Dincer, Ayaz, Linas and Olas) were used as a material. Irrigation was done the stem elongation, pre-flowering, and post-flowering. This study investigated the effects of irrigation at different developmental stages on the yield and yield components of safflower cultivars. The highest plant height (47.30 cm), number of branches (4.3), number of heads (5.4), and oil ratio (32.92%) were obtained from the cv. Olas. The highest 1000-seed weight was recorded in cv. Dincer. Irrigation applied after flowering and during stem elongation significantly increased plant height, number of branches, heads per plant, 1000-seed weight, and seed yield. However, oil ratio remained unaffected by irrigation treatments.

Research Article

Article History

Received :20.09.2024

Accepted :29.10.2024

Keywords

Safflower
irrigation
flowering
oil
seed yield

1. Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L., Family: Compositae) is native to northern Afghanistan, India, and Central Asia. It has been cultivated in India, China, and Japan since ancient times (Sharma et al., 2022). Safflower is an annual plant that grows to an average height of 80-130 cm and has spiny and spineless types. It has flowers in different colors such as yellow, white, red, and orange. The seeds are white, and cream colored with brown lines on them. It forms small heads at the ends of the side branches connected to the main branch. It has a pile-rooted structure; It can go deep into the soil. Safflower seeds contain 30-50% oil, and 90% of this oil consists of unsaturated fatty acids (oleic and linoleic acid). Safflower oil is used in the production of liquid cooking oil, margarine, and mayonnaise oils. In biodiesel production, oleic type safflower varieties are mostly used (Dajue and Mündel, 1996; Steberl et al., 2020; Adamska and Biernacka, 2021). Carthamine and carthamidin obtained from safflower flowers are significant as a natural dye source. For this reason, it is used as false saffron (Adamska and Biernacka, 2021). In South America, some European countries, and Japan, thornless types are used in cut and dried flowers (Pahlavani et al., 2004).

Safflower is particularly well-adapted to arid and semi-arid regions with low rainfall. However, irregular precipitation and

insufficient irrigation practices limit its productivity. While safflower can survive under low water conditions, irrigation during the early vegetative, flowering, and seed development stages is critical for improving yield and oil ratio. (Jhansi et al., 2018; Sharma et al., 2022). In this context, to grow better, it is significant to determine the effects of the irrigation regime at different stages of the vegetation period on yield and seed oil ratio in areas where there is drought and water shortage.

This study was conducted to determine the effects of irrigation applied in different development periods on the yield, yield components and oil ratio of different safflower varieties.

2. Materials and Methods

2.1. Trial area

The field trial was established in Lalahan/Ankara/Türkiye (Figure 1). The altitude in the trial area is 1080 m, and the winter months are harsh, and the summer months are hot and dry. In 2017 when the trial was conducted, the total precipitation amount was 694.1 mm, the average temperature was 10.4 °C and the average relative humidity was 65.81%. During the vegetation period (May-September), total precipitation was 264.1 mm, average temperature was 18.2 °C and average relative humidity was 57.94% (Figure 2).



↓ Lalahan district is located 25 km away from Ankara center. Altitude: 1080 m, 39°56'54" N- 33°06'27" E

Figure 1. Location information of the trial area.

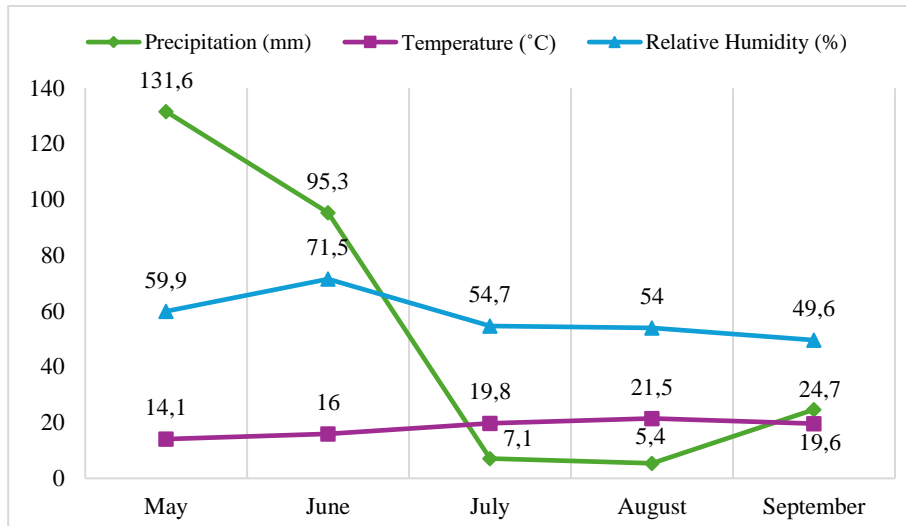


Figure 2. Climate data of the trial area (Vegetation Period).

The soil of the trial area has a clay loam structure, is slightly alkaline, salt-free, has low lime, zinc iron and organic matter ratio, the

amount of nitrogen is insufficient, and the ratio of Cu, Mn and Mg is sufficient (Table 1).

Table 1. Some soil properties of the trial area

Soil Characteristics	Values	Soil Test Results
Structure	46.31%	Clay Loam
pH	7.33	Slightly Alkaline
Salt	0.03%	Saltless
Lime	1.6%	Less
Organic Matter	1.75%	Less
Nitrogen	0.09%	Poor
P ₂ O ₅	42 kg da ⁻¹	High
K ₂ O	120 kg da ⁻¹	High
Fe	1.67 ppm	Less
Zn	0.24 ppm	Less
Cu	0.47 ppm	Sufficient
Mn	4.42 ppm	Sufficient
Ca	7.82 ppm	High
Mg	221.60 ppm	Sufficient

Table 2. General characteristics of cultivars used in this study.

Characteristics	Cultivars					
	Ayaz	Dinçer	Remzibey	Balci	Olas	Linaz
Spiny/Spineless	Less spiny	Spineless	Spiny	Spiny	Spiny	Spiny
Fower color	Red	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange
Plant height (cm)	100-120	90-110	60-80	70-100	70-80	85-90
Seed color	Cream	White	White	White	Cream	Cream
Seed oil ratio (%)	22-25	25-28	32-35	38-41	39-40	37-38

2.2. Plant materials

Six safflower cultivars were used as material in this study. Some characteristics of the cultivars are summarized in Table 2.

2.3. Experimental design and cultural practices

The research was established according to the Split Plots in Randomized Blocks Trial

Design with three replications. Planning was made to include cultivars on the main parcels and irrigation applications on the sub-parcels. In the experiment, the seeds were sown manually on May 8 in rows spaced 10 cm apart, with 30 cm between rows, without the use of any chemical fertilizer. Each plot had 5

rows, each with a row length of 5 meters. The first emergence was observed on May 19, and hoeing was conducted in the following period within the scope of weed control. Irrigation was conducted during the stem elongation, pre-flowering, and post-flowering periods (Table 3).

Table 3. Irrigation applications (IA)

Irrigation Period		Number of Irrigations
IA-1	Control	No irrigation
IA-2	Pre- Flowering	1
IA-3	Pre- Flowering	1
	Post-Flowering	1
IA-4	Stem elongation	1
	Pre- Flowering	1
	Post- Flowering	1
IA-5	Stem elongation	1
	Pre- Flowering	1
	Post- Flowering	2

The development periods in Table 3 were considered in determining irrigation times. For IA-5 (post-flowering), the second irrigation was determined according to the drying of the

soil. Irrigation was performed for each plot with a 1" thick hose at a constant flow rate and for the same duration (Figure 3). The harvest was conducted on September 26.

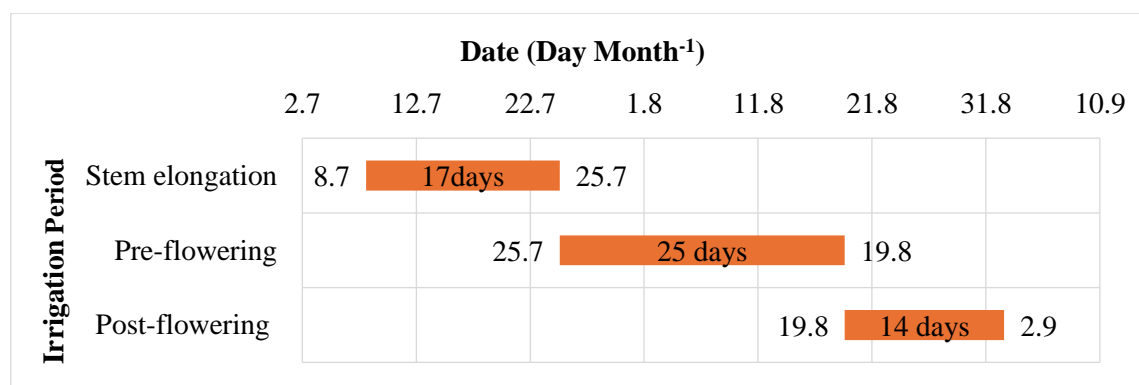


Figure 3. Irrigation period and time

Plants that had reached harvest maturity were harvested by hand on September 26, after the edge effects were removed from the plots, the grains were separated from their heads in the threshing machine. Plant height (cm), number of tables per plant (number) and number of branches per plant (number) for 10 plants randomly selected from each plot; Thousand seed weight (g), seed yield (kg da⁻¹) and oil ratio (%) were determined in each plot. The oil ratio was calculated as a percentage

(%) based on dry matter by extraction method in the Soxhlet device (AOCS, 2009).

2.4. Statistical analysis

The data for the features examined in the study were made according to the Randomized Blocks Split Plots Trial Design using Variance (ANOVA) analysis, and the Least Significant Difference (LSD) test was used for the differences between the applications. Statistical analysis was performed using the MINITAB package program (Evans, 2009).

3. Results and Discussion

Statistically significant cultivar effects were recorded on plant height, number of heads per plant, seed yield and oil ratio, excluding the number of branches per plant (Table 4). The average plant height of the six safflower cultivars included in the research was measured as 44.01 cm. The cv. Olas had the longest plant height (47.30 cm). This was followed by cv. Linas, cv. Balcı and cv. Dinçer were statistically in the same group. The shortest plant height was recorded in the cv. Ayaz. The number of branches of the cultivars changed between 3.4-4.3. The average number

of heads of the cultivars was 4.5. The highest value was taken from the cv. Olas. Thousand seed weights of the cultivars varied between 36.11 g (cv. Remzibey) and 41.60 g (cv. Dinçer). The highest 1000 seed weight was recorded in cv. Dinçer and cv. Linas. The seed yield of six cultivars varied between 86.70 kg da⁻¹ (cv. Ayaz) and 178.85 kg da⁻¹ (cv. Olas), followed by cv. Dinçer with 173.22 kg da⁻¹. The average oil ratio of cultivars was recorded as 28.58%. The highest oil ratio was detected in Olas (32.92%) and Linas (32.35%) cultivars. Fatty oil ratios of Ayaz, Dinçer and Remzibey cultivars were found to be similar (mean 25.15%) (Table 4).

Table 4. Average values and statistical groupings for seed yield and yield components.

Cultivars	PH ² (cm)	NB (pcs plant ⁻¹)	NH (pcs plant ⁻¹)	TSW (g)	SY (kg da ⁻¹)	OR (%)
Dinçer	45.37 ^{A1}	3.8	4.5 ^{AB}	41.60 ^A	173.22 ^{AB}	25.25 ^C
Olas	47.30 ^A	4.3	5.4 ^A	38.21 ^B	178.85 ^A	32.92 ^A
Ayaz	37.91 ^C	3.4	4.4 ^B	38.63 ^B	86.70 ^D	25.44 ^C
Balcı	45.78 ^A	3.8	4.5 ^{AB}	38.92 ^B	132.83 ^C	30.79 ^B
Linas	46.04 ^A	4.0	4.3 ^B	40.76 ^A	161.39 ^{ABC}	32.35 ^A
Remzibey	41.68 ^B	4.2	4.2 ^B	36.11 ^C	138.38 ^{BC}	24.77 ^C
Mean	44.01	3.9	4.5	39.03	145.22	28.58
LSD _(0.05)	3.232	-	0.989	1.582	40.175	1.544
Irrigation Applications						
IA-1	41.77 ^B	3.8 ^{BC}	3.4 ^B	38.21	93.62 ^C	28.14
IA-2	42.75 ^{AB}	3.0 ^C	3.6 ^B	38.64	122.17 ^{BC}	28.77
IA-3	44.70 ^{AB}	3.8 ^{BC}	5.2 ^A	39.44	164.54 ^A	28.91
IA-4	44.41 ^A	4.4 ^{AB}	5.2 ^A	39.40	158.68 ^{AB}	28.96
IA-5	46.44 ^A	4.7 ^A	5.5 ^A	39.51	187.13 ^A	28.15
Mean	44.01	3.9	4.5	39.04	145.22	28.58
LSD _(0.05)	2.951	0.840	0.902	-	36.674	-
C	**	ns	*	**	**	**
IA	*	**	**	ns	**	ns

¹ The difference between means indicated by the same letter is statistically insignificant.

*, F-test significant at $P \leq 0.05$; **, F-test significant at $P \leq 0.01$; ns: non-significant; C: Cultivar, IA: Irrigation Applications

²PH: Plant Height, NB: Number of Branches, NH: Number of Heads, TSW: Thousand Seed Weight, SY: Seed Yield, OR: Oil Ratio (n=3). The C x IA interaction was found to be statistically insignificant.

Among the irrigation applications, the highest seed yield was obtained from IA-5, followed by IA-3, IA-4 and IA-2. The lowest yield was obtained from the control application (IA-1) without irrigation. In numerous studies conducted, it has been observed that there is a high change in seed yield obtained from safflower genotypes against irrigation practices (Ghamarnia and Sephri, 2010; Omidi et al., 2012). Similarly, in our study, the effect of irrigation practices on seed yield was found to be statistically significant at the 1% level

(Table 4). Drought stress significantly reduces safflower seed yield (Koutroubas and Papakosta, 2010; de Almeida Silva et al., 2023). However, it has been observed that the responses of genotypes in terms of seed yield are different, and some genotypes are not affected by drought conditions (Aeini et al., 2018). In our study, the safflower cultivars used showed differences in their responses to irrigation applications in terms of seed yield (Figure 4).

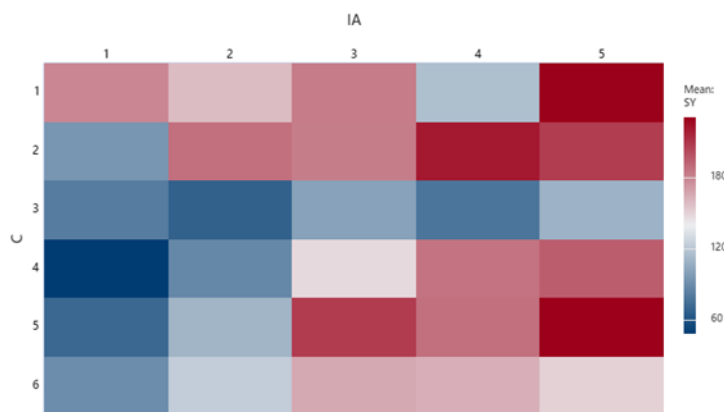


Figure 4. Responses of cultivars to irrigation applications in terms of seed yield. (Column: Irrigation Applications, Row: Cultivars respectively, Ayaz, Dinçer, Remzibey, Balcı, Olas, Linas)

Safflower genotypes with long plant height create more primary branches, increasing seed yield. However, drought stress causes safflower plant height to shorten (Mosupiemang et al., 2022). Similarly, in our study, among the irrigation applications, the shortest plant height was taken from the control application where irrigation was not performed, and the longest plant height was recorded in IA-4 and IA-5. In safflower, first-order side branches form on the main stem, and second-order side branches form on these branches. Since heads are in both primary and secondary branches, the number of branches in safflower is a character that indirectly determines the number of heads in the plant (Sharif Moghaddasi and Omid, 2010). Irrigation practices had an impact on the number of branches and the highest number of branches was reached in IA-5, followed by IA-4. The number of branches was the same in IA-1 and IA-3, but the least number of branches was taken from IA-2. The least number of heads was taken from the control application where irrigation was not performed, and the highest number of heads was recorded in IA-5. Although it is known that water scarcity affects all yield elements in safflower cultivation, the number of heads per plant is affected by drought (Nabipour et al., 2007; Tabib Laoghmani et al., 2019). Water scarcity, especially in the initial stages of plant development, further exacerbates this effect

(Movahhady-Dehnavy et al., 2009). While water scarcity causes serious decreases in both the number of heads and the number of seeds in the head when it occurs before the flowering period of the plant (Jabbari et al., 2010). It has been reported that irrigation after the flowering period has a positive effect on seed yield and yield elements (Sharif Moghaddasi and Omid, 2010). One of the factors that determine the yield in field crop cultivation is the weight of one thousand seeds. For this reason, it is desired that the thousand seed weight of the plants is high (Koç, 2021). On our study, the effect of irrigation applications on the weight of 1000 seeds and seed oil ratio was found to be statistically insignificant (Table 4). However, the lowest thousand seed weight was recorded in IA-1 and IA-2 applications. It is a character that is affected by water stress per thousand seed weight. When irrigation is applied, both the root system and vegetative organs of the plants develop better, and larger seeds are produced (Wang et al., 2020). The seed size of the safflower is related to the climatic conditions experienced during the flowering period (Culpan, 2023). The research reports that drought stress does not have a significant effect on safflower seed oil ratio (Naderi et al., 2015). As can be seen in Table 4, the oil ratio of the safflower cultivars included in the study were found to be similar in all irrigation applications (Figure 5).

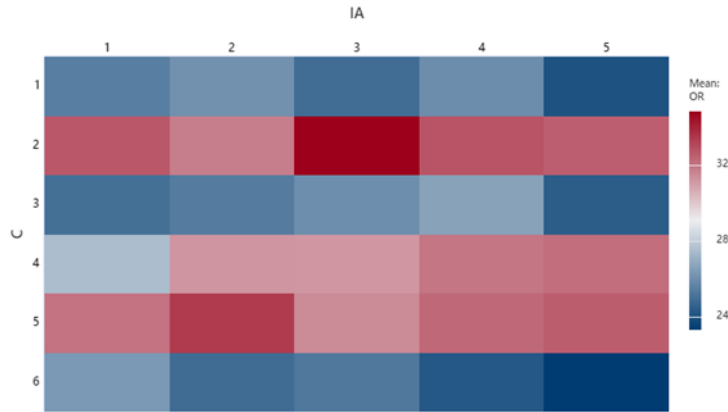


Figure 5. Responses of cultivars to irrigation applications in terms of oil ratio. (Column: Irrigation Applications, Row: Cultivars respectively, Ayaz, Dinçer, Remzibey, Balcı, Olas, Linas)

The binary relationships between irrigation practices and the examined yield and yield components are presented in Figure 6 and Table 5. A significant positive relationship was found between irrigation applications at different development periods and NB, NH and SY at the 1% level, and with PH at the 5% level. When the binary relationships between seed yield and other yield elements evaluated in the study were examined, a very strong ($P \leq 0.01$) positive relationship was determined between PH and NB, NH, TSW, SY and OR, and between NB and NH, TSW and SY. In addition, a positive significant relationship of the 5% level was recorded between TSW and

SY (Table 5) (Papageorgiou, 2022). A very strong relationship was found between irrigation practices and plant height, number of heads, thousand seed weight and seed yield. The traits examined with irrigation treatments formed two groups (A and B). The oil ratio was in a separate group (B) (Figure 7). In a study conducted by Yau (2006), the oil ratio of safflower plants that were not irrigated and whose water needs were met by natural rainfall was 30%, while this rate was determined to be 31% in irrigated conditions, and it was stated that irrigation had no effect on the oil ratio. This situation is like our results.

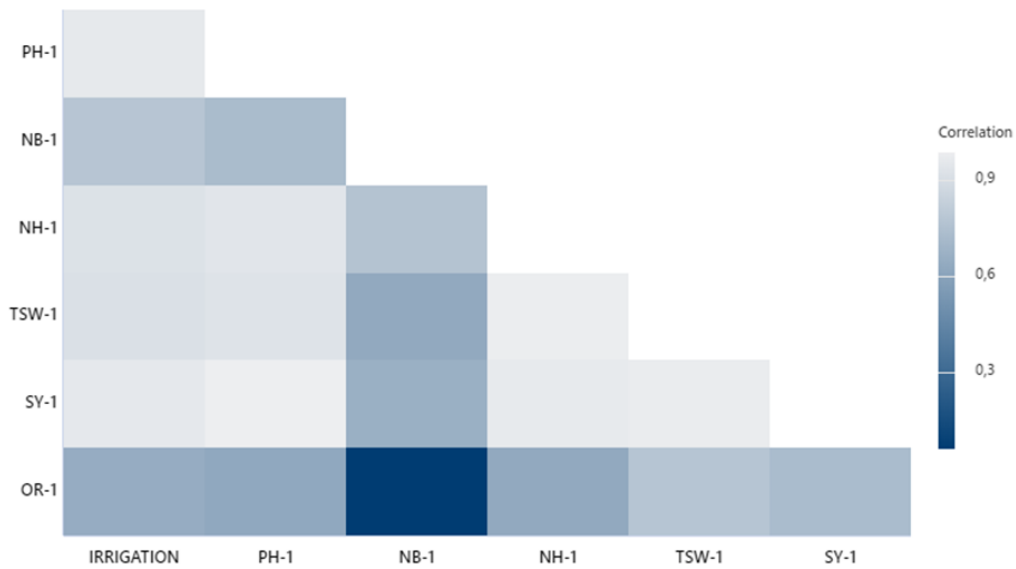


Figure 6. Bilateral relationships between irrigation applications and the examined yield and yield components.

Table 5. Correlation between irrigation applications, yield and yield components

	IA ¹	PH	NB	NH	TSW	SY	OR
IA	1.000						
PH	0.254*	1.000					
NB	0.511**	0.749**	1.000				
NH	0.459**	0.652**	0.917**	1.000			
TSW	0.175	0.343**	0.318**	0.277**	1.000		
SY	0.401**	0.714**	0.668**	0.593**	0.486**	1.000	
OR	-0.005	0.294**	0.166	0.049	0.020	0.109	1.000

*Significant at $P \leq 0.05$; **Significant at $P \leq 0.01$

¹C: Cultivar, IA: Irrigation Applications, PH: Plant Height, NB: Number of Branches, NH: Number of Heads, TSW: Thousand Seed Weight, SY: Seed Yield, OR: Oil Ratio

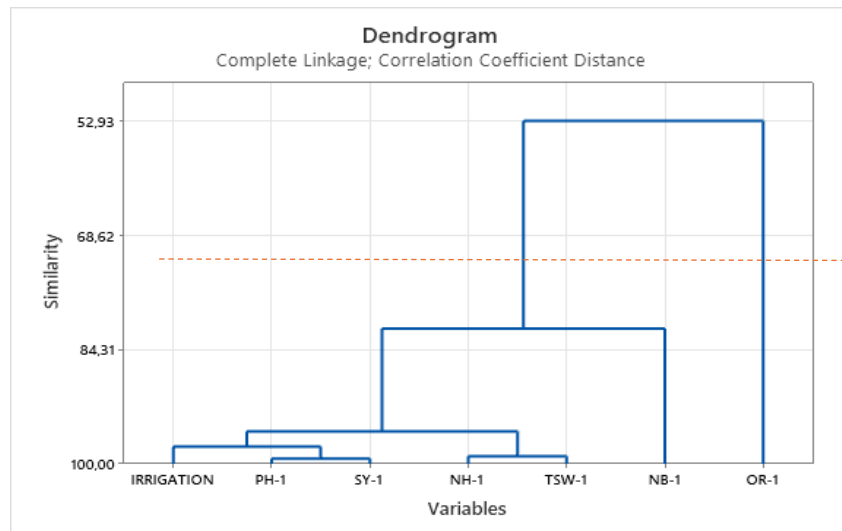


Figure 7. Dendrogram of the relationships between irrigation applications and the traits investigated.

4. Conclusion

The results suggest that irrigation during stem elongation and post-flowering stages can significantly enhance safflower yield and its components. Further studies are needed to optimize irrigation quantities under varying environmental conditions for sustainable safflower production. Specifically, determining the precise irrigation levels, frequencies, and timing to maximize water use efficiency without compromising yield is crucial. This research can serve as a baseline for developing region-specific irrigation management practices, particularly in arid and semi-arid climates where water resources are limited. Additionally, long-term studies incorporating diverse safflower genotypes and soil types could provide more robust recommendations for sustainable safflower production systems.

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 my master's thesis (YÖK Thesis Number: 588103) and received no specific grant from any funding agency.

References

- Adamska, I., Biernacka, P., 2021. Bioactive Substances in safflower flowers and their applicability in medicine and health-promoting foods. *International Journal of Food Science*, 6657639.
- Aeini, M., Sharif Abad, H.H., Yousefidad, M., Heravan, E.M., Madani H., 2018. Effect of seed priming on morphological and biochemical characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress. *Crop Research* 53: 45-52.
- AOCS, 2009. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil 376 Chemists' Society (5th ed.). Champaign, IL, AOCS Press. USA.
- Culpan, E., 2023. Effect of sowing dates on seed yield, yield traits and oil ratio of safflower in Northwest Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 28: 87-93.
- Dajue, L., Mündel, H.H., 1996. Safflower *Carthamus tinctorius* L., Eds., IPGRI, Rome, Italy.
- De Almeida Silva, M., Santos, H.L., de Sousa Ferreira, L., Silva, D.M.R., dos Santos, J.C.C., de Almeida Prado Bortolheiro, F.P., 2023. Physiological changes and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines as a function of water deficit and recovery in the flowering phase. *Agriculture* 13:558.
- Evans, M., 2009. MINITAB Manual. W.H. Freeman and Company, USA.
- Ghamarnia, H., Sepehri, S., 2010. Different irrigation regimes affect water use, yield and other yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) crop in a semi-arid region of Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8: 590-593.
- Jabbari, M., Ebadi, A., Tobeh, A., Mostafaii, H., 2010. Effects of supplemental irrigation on yield and yield components of spring safflower genotypes. *Recent Research in Science and Technology*, 2: 23-28.
- Jhansi, G., Padmaja, J., Avil Kumar, K., Narender Reddy, S., 2018. Effect of irrigation scheduling at phenological stages on seed yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *The Journal of Research*, 46:51-54.
- Koç, H., 2021. Selection criteria for yield in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under rainfed conditions. *Grasas Aceites* 72:e421.
- Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A., 2009. Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions. *Field Crop Research* 112: 199–204.
- Mosupiemang, M., Emongor, V.E., Malambane, G., 2022. A review of drought tolerance in safflower. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34:140-149.
- Movahhedy-Dehnavy, M., Modares-Sanavy, S.A.M., Mokhtassi-Bidgoli, A.M., 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, 30:82-92.
- Nabipour, M., Meskarbashee, M., Yousefpour, Y., 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 421-426.
- Naderi, R., Kazemeini, S.A., Noroozi, M., 2015. Water stress and plant within row spacing effects on safflower yield in competition with wild oat. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 9:71-80.
- Omidi, A.H., Khazaei, H., Monneveux, P., Stoddard, F., 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 17: 10-15.

- Pahlavani, M.H., Mirlohi, A.F., Saeidi, G., 2004. Inheritance of flower color and spininess in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Heredity*, 95: 265-267.
- Papageorgiou, S.N., 2022. On correlation coefficients and their interpretation. *Journal of Orthodontics*, 49: 359-361.
- Sharma, S., Pokharia, A.K., Kumar, A., Srivasta, A., Yadav, R., 2022. *Carthamus* L.: Origin, distribution and its archaeological records I India. *Journal of Palaeosciences* 71: 177-186.
- Sharrif Moghaddasi, M., Omidi, A.H., 2010. Study of interrupting irrigation effects at different growth stages on grain and oil yields of new safflower varieties. *Advances in Environmental Biology*, 4: 387-391.
- Steberl, K., Hartung, J., Graeff-Hönninger, S., 2020. Impact of cultivar, harvest date and threshing parameter settings on floret and carthamidin yield of safflower. *Agronomy*, 10: 1272.
- Tabib Loghmani, S.M.T., Bazrafshan, F., Alizadeh, O., Amiri, B., Bahrani, A., 2019. Influence of cut-off irrigation on seed quality and physiological indices of various safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Acta Agrobotanica*, 72: 1791–1800.
- Wang, J., Du, G., Tian, J., Zhang, Y., Jiang, C., Zhang, W., 2020. Effect of irrigation methods on root growth, root-shoot ratio and yield components of cotton by regulating the growth redundancy of root and shoot. *Agricultural Water Management* 234: 106120.
- Yau, S.K., 2006. Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 26: 249-256.

To Cite

Maraş, H., Coşge Şenkal, B., 2025. The Effect of Irrigation in the Different Development Periods on Yield and Yield Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 212-221.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14636085>.



Analysis of the Composition and Contaminants in Packaged Mixed Herbal Tea Blends from Aydın Province

Muhyettin ŞENTÜRK¹, Tülay AŞKIN ÇELİK^{2*}, Özlem Sultan ASLANTÜRK²

¹ Mersin University, Faculty of Science, Department of Biology, Mersin

² Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Science, Department of Biology, Aydın

*Corresponding author: tcelik@adu.edu.tr

Abstract

Medicinal plants and herbal infusions have been used for centuries in healing and disease prevention, maintaining their importance in traditional medicinal practices worldwide. Due to their perceived natural origin, botanical medicines and herbal tea blends are generally expected to be safe for consumers and free from contaminants. This cross-sectional descriptive study aimed to analyze the composition of eleven different labelled and unlabelled packaged mixed herbal teas. These tea blends were obtained from fifteen registered herbalists and spice shops under the Aydın Provincial Directorate of Food, Agriculture, and Livestock. Each blend underwent individual analysis, and the labels on the packages were documented. The plants in the blends were identified through morphological analysis, and the presence of foreign substances or contaminants was recorded. The morphological analyses revealed that all of the packaged products contained plant materials from foreign species that were not listed on the labels, making them unsuitable for inclusion in the blends. Additionally, several tea samples were found to contain animal matter, including insect larvae, insect eggs, and bird feathers, with some packages even containing live insects. Furthermore, significant fungal contamination was observed in certain tea blends. These findings indicate that mixed herbal teas sold by herbalists may be of poor quality, containing undeclared and potentially harmful substances. The study highlights a serious concern that warrants increased public awareness and stricter regulation of these products.

Research Article

Article History

Received :22.09.2024
Accepted :29.10.2024

Keywords

Aydın
contamination
herbalist
medicinal plant
misidentification
mixed herbal teas

1. Introduction

Medicinal plants have been utilized since ancient times as humanity's oldest method for addressing diseases. Traditional herbal medicines, derived from around 21,000 plant taxa, continue to serve as the primary treatment for health issues affecting approximately 80% of developing nations and around 87.5% of the global population (Parveen et al., 2015). From 2014 to 2023, the World Health Organization (WHO) focused on promoting the integration of medicinal plants into the health systems of member countries, emphasizing the importance of traditional medicine in treatment (WHO, 2023). The public's use of plants for therapeutic purposes is influenced by various factors, including the distance to modern healthcare facilities, the perception that herbal remedies are safer and more effective, the common belief in the safety of natural products despite the potential for severe adverse drug reactions, the lower cost of herbal medicines compared to synthetic alternatives, and the limitations of modern medicine in treating certain conditions. Additionally, both written and visual media play a crucial role in advocating for the therapeutic use of plants (Çelik et al., 2019). Individuals in both rural and urban areas often turn to herbs purchased from herbalists or spice shops to manage their health issues, relying heavily on information sourced from newspapers and television (Akçakaya, 2015).

The term "herbal tea" refers to a beverage made from medicinal plants, herbs, and spices, which can be sold in the form of tea bags or in a loose, unpackaged format. Herbal tea is produced by brewing parts of various plant species—such as leaves, flowers, fruits, roots, stems, and seeds—that do not include *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. It is important to note that this definition excludes beverages that incorporate parts of the tea plant. Unlike caffeinated beverages like coffee and traditional tea, herbal tea is naturally caffeine-free. Its medicinal and therapeutic properties have contributed to the widespread consumption of herbal tea globally (Alakali et al., 2016). According to the European

Pharmacopoeia, herbal tea is defined as "aqueous preparations obtained by infusion, decoction, or maceration of one or more herbal substances just prior to consumption for oral intake" (Anonymous, 2005). Herbal teas are a popular drink in Türkiye and around the world, with an estimated 50 to 60 varieties of herbs consumed in tea form (Sezik, 2004). These teas are typically sold as tea bags, ground or crushed products, or dried whole plants. Additionally, they can be consumed as mixtures and sometimes marketed as single products. Mixed herbal teas are characterized by the use of multiple plant species combined together. These teas, marketed under names such as "mixed herbal teas," "atom tea," "detox tea," and "relaxing tea," consist of a blend of plants with specific biological activities. For instance, the term "mixed herbal teas" in Turkish generally refers to tea consumed in colder weather. Mixed herbal teas are usually served hot, often enhanced with ingredients like cloves, walnuts, and cinnamon to provide warmth during cold seasons (Karagoz et al., 2023). Consumers are drawn to herbal teas due to their therapeutic benefits, affordability, and the belief that they have minimal or no toxic side effects when consumed in larger quantities compared to other beverages. Tea is made by brewing (infusing), boiling (decocting), or steeping herbs, spices, or other plant materials (such as dried fruits, flowers, seeds, roots, etc.) in hot water for a specified duration (Naithani and Kakkar, 2005; Tayel and El-Tras, 2009).

The effectiveness of herbal teas can depend on various botanical factors, including the specific parts of the plants used, such as seeds, flowers, leaves, stems, and roots. Other influencing factors include geographical location, harvest time, drying methods, and storage conditions (Kökdil, 2002; Chen and Mujumdar, 2006). Commonly consumed plants used in herbal teas include thyme (*Thymus* sp.), black cumin (*Nigella sativa* L.), chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), nettle (*Urtica* sp.), senna (*Cassia angustifolia* Vahl.), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), linden (*Tilia* sp.), ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), mint (*Mentha piperita* L.), carob (*Ceratonia*

siliqua L.), hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.), and sage (*Salvia officinalis* L.). Other popular herbs include yarrow (*Achillea millefolium* L.), hollyhock (*Hibiscus* sp.), St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.), chaste tree (*Vitex agnus-castus* L.), and echinacea (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) (Tulukcu and Sağdıç, 2011). Sales of certain herbs, such as sage (*Salvia* sp.), ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), marshmallow (*Althaea officinalis* L.), cinnamon (*Cinnamomum* sp.), hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.), rosehip (*Rosa canina* L.), and nettle (*Urtica* sp.), tend to increase with seasonal changes, particularly influenced by media coverage.

Although consumers often perceive herbal teas as 'natural', 'harmless', and/or 'beneficial to health', studies have shown that these teas, typically consumed for their medicinal properties, can become contaminated with a variety of physical, chemical, and biological hazards. These contaminants include microorganisms, mycotoxins, pesticides, heavy metals, animal droppings, stones, and feathers (Scolari et al., 2001; Chan, 2003; Tripathy et al., 2015). Microorganisms are a significant source of contamination in herbal teas and can infiltrate these products at various stages of production, including harvesting, drying, grading, grinding, processing, packaging, and storage. The biological contamination in herbal teas can stem from polluted air, both from the ground and processing facilities, as well as microorganisms of human origin. Santos et al. (2013) noted that molds are a major contributor to this contamination. Molds can be found in the natural flora of herbal teas and in contaminated air and soil (Araújo and Bauab, 2012). Additionally, microbial metabolites, including toxic and low molecular weight compounds from molds, can serve as chemical pollutants, further contributing to contamination (Kosalec et al., 2009; Can and Duraklı Veliöğlu, 2018). Research has indicated that these products, especially those marketed as tea, can harbor various microorganisms, including pathogenic species and molds that produce mycotoxins (Scolari et

al., 2001; Stevic et al., 2012). The presence of mycotoxigenic molds among the microorganisms typically found in herbal teas highlights the potential risks associated with mycotoxins in these products. Molds that proliferate in raw materials that have not been processed under proper conditions can generate mycotoxins harmful to human health and lead to spoilage in improperly processed raw materials (Sabuncuoğlu et al., 2008; Erginkaya and Kabak, 2010; Can and Duraklı Veliöğlu, 2018).

One of the primary challenges faced in the sale of medicinal plants by herbalists is the issue of standardization (Kartal, 2008). Another significant concern is misidentification, which can occur when plants are incorrectly identified. This confusion may lead to toxic events that could result in serious harm, including death or disability. Additionally, the adulteration of herbal products during their production or sale constitutes a significant issue. It encompasses the production of substandard or low-quality items, as well as the contamination of products with substances such as animal excreta (e.g., from rodents), stone fragments, and undesirable plant residues (WHO, 2007; Kayıran and Kırıcı, 2019).

The aim of this study was two fold: first, to conduct a morphological identification of medicinal plants in both labeled and unlabeled mixed herbal teas sold in herbalists and spice shops registered with the Aydın Provincial Directorate of Food, Agriculture and Livestock; and second, to assess the presence of undesirable physical and biological impurities in the packaging content of these herbal tea mixtures.

2. Material and Methods

This study was conducted between November 2017 and January 2018 and focused on analyzing packaged mixed herbal teas obtained from commercial herbalists and spice shops in the specified locations. We purchased eleven distinctly labeled herbal mixtures marketed as "mixed herbal teas" from fifteen

different herbalist and spice shops. After purchasing, the samples were stored at room temperature in a laboratory until the study commenced. In the laboratory, each mixed herbal tea was examined individually. The label information on the packages was recorded, and the plants contained in the mixtures were identified morphologically. The Flora of Turkey (Flora of Turkey and the East Aegean Islands) and the Checklist of Turkey Plants (Vascular Plants) provide an outline of indigenous and non-native species used for medicinal purposes or cultivated in Türkiye. This information is based on the scientific works of Davis (1965-1985), Davis et al. (1988), Güner et al. (2000), and Güner et al. (2012). In this instance, morphological diagnosis was employed to ascertain the contents of the teas. The morphological identification was generally successful for the

mixed herbal tea samples due to the presence of sufficient plant parts. The identification process utilized a stereomicroscope, loupes, and diagnostic tools, including needles, forceps, and a ruler.

For mixed herbal tea samples lacking label information, the designation "no label information" was noted and assessed separately. Insects discovered in the tea sample packages were identified through morphological observation. This identification method was applied to plants not specified in the tea ingredients, as well as to species contaminated with foreign substances and those infected with fungi. Additionally, each sample was assigned a unique identification number, and photographs were taken using a Canon EOS 650D camera (see Figure 1).



Figure 1. Herbal shop and mixed herbal teas samples. a. Herbal shop, b. Unlabeled mixed herbal teas, c. Labeled mixed herbal teas, d. Plant uses in mixed herbal teas

3. Results

The findings from the investigation of eleven mixed herbal tea blends, which were randomly purchased from commercial herbalists in the Aydın Provincial Center, are presented in Table 1 and Table 2. The study identified the most prevalent herbs in the analyzed "Mixed Herbal Teas" packages, which included *Alcea rosea*, *Cinnamomum verum*, *Zingiber officinale*, *Alpinia*

officinarum, *Rosa canina*, *Matricaria chamomilla*, *Hibiscus* sp., *Curcuma longa*, and *Salvia* sp. Out of the eleven "Mixed Herbal Teas" blends obtained from herbalists, only five samples had labels, while six samples were unlabeled (Table 1). Consequently, the identification of plants in the unlabeled packets was not feasible; this task was successfully conducted only on the labeled samples (Tables 1 and 2).

Table 1. Analysis results of mixed herbal tea blends sold in herbal shops in the city center of Aydın

Mixed herbal tea samples	Plants listed on the label	Identified plants	Unlabeled plants	Unwanted foreign substances / contamination
1	Hibiscus Turmeric Echinacea Cinnamon Ginger Galangal Hibiscus Daisy Rosehip Hollyhock	<i>Hibiscus</i> sp. <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Alcea rosea</i>	<i>Sideritis</i> sp. <i>Bromus hordeaceus</i> <i>B. tectorum</i> <i>Avena barbata</i> <i>Crepis foetida</i> <i>Verbascum</i> sp.	Contamination of <i>Sideritis</i> sp. with fungus Maggot residues in <i>Matricaria chamomilla</i> specimens
2	Galangal Daisy Hibiscus Cinnamon Sage Rosehip Hollyhock Ginger Linden	<i>Cinnamomum verum</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Tilia</i> sp. <i>Salvia fruticosa</i> <i>Rosa canina</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Alcea rosea</i> <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Alpinia officinarum</i>	<i>B. tectorum</i>	Insect parts were found in the package <i>Hibiscus</i> sp. feathers were mixed with the samples
3	Ginger Cinnamon Chinese Rose Galangal Dried Apple Orange Peel Lemon Peel Linden Sage Medicinal Sage Rosehip Marshmallow Flower Eucalyptus Carnation Turmeric Daisy Bilya Thyme	<i>Sideritis</i> sp. <i>Citrus sinensis</i> <i>Rosa canina</i> <i>Malus sylvestris</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Alcea rosea</i> . <i>Eucalyptus</i> sp. <i>Curcuma longa</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Matricaria chamomilla</i>	<i>Verbascum</i> sp. <i>Bromus tectorum</i> <i>Lavandula stoechas</i> <i>Helichrysum</i> sp. <i>Avena</i> sp. <i>Myrtus communis</i>	The package contains unwanted branch and debris content A total of 4 insects were counted in the package <i>Malus sylvestris</i> plant contaminated with the fungus

4	Hibiscus Ginger Turmeric Galangal Linden Allspice Cinnamon Hollyhock Rosehip Taurus Mint Fennel Apple Cactus Sage Lemon Peel Goldenrod Orange Peel May Daisy Zahter Thyme	<i>Tilia</i> sp. <i>Alcea rosea</i> <i>Helichrysum</i> sp. <i>Sideritis</i> sp. <i>Hibiscus</i> sp. <i>Rosa canina</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Cinnamomum verum</i> <i>Malus sylvestris</i> <i>Pimenta racemosa</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Citrus limon</i> <i>Alpinia officinarum</i> <i>Mentha</i> sp. <i>Thymbra</i> sp. <i>Foeniculum vulgare</i>	No unlabeled plants were detected	The package contains unwanted branch and debris content Insect eggs were detected on the leaves of <i>Alcea rosea</i> <i>Rosa canina</i> fruits are spoiled and contaminated with fungi
5	Ginger Hibiscus Cinnamon Bark Hollyhock Dried Apple Orange Peel Turmeric Daisy Sage Rosehip Galangal Lemon Peel Primrose	<i>Rosa canina</i> <i>Alcea rosea</i> <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Cinnamomum verum</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Citrus limon</i> <i>Malus sylvestris</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Alpinia officinarum</i> <i>Salvia</i> sp. <i>Curcuma longa</i> <i>Primula</i> sp.	<i>Verbascum</i> sp.	Insect eggs were detected on the leaves of <i>Alcea rosea</i> Fungal contamination was detected in <i>Malus sylvestris</i>
6	Galangal Turmeric Ginger Hollyhock Cinnamon Calendula Rosehip Eucalyptus Hawthorn fruit Echinacea Myrtle Leaf Hibiscus	<i>Alcea rosea</i> <i>Cinnamomum verum</i> <i>Calendula officinalis</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Eucalyptus</i> sp. <i>Alpinia officinarum</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Rosa canina</i>	<i>Malus sylvestris</i> <i>Bromus tectorum</i> <i>Lavandula stoechas</i> <i>Helichrysum</i> sp. <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Salvia</i> sp. <i>Verbascum</i> sp.	Unwanted branch garbage content was detected in the package Plastic rope was detected in the package.
7	There were no labels on the product package	<i>Cinnamomum verum</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Salvia</i> sp. <i>Alcea rosea</i> <i>Rosa canina</i>	The product could not be evaluated due to the absence of a label on the package	<i>Salvia</i> sp. was found to be contaminated with fungus Insect larvae were detected in the product The product was found to contain mouldy dry branches

8	There were no labels on the product package	<i>Hibiscus</i> sp. <i>Helichrysum</i> sp. <i>Calendula officinalis</i> <i>Rosa canina</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Hypericum perforatum</i> <i>Thymus</i> sp. <i>Malus sylvestris</i> <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Alcea rosea</i> <i>Myrtus communis</i> <i>Verbascum</i> sp. <i>Quercus</i> sp. <i>Rosa</i> sp.	The product could not be evaluated due to the absence of a label on the package	<i>Myrtus communis</i> leaves were found to be contaminated with fungus Fungal contamination was detected in <i>Malus sylvestris</i>
9	There were no labels on the product package	<i>Tilia</i> sp. <i>Alcea rosea</i> <i>Hibiscus</i> <i>Rosa canina</i> <i>Sideritis</i> sp. <i>Helichrysum</i> sp. <i>Alpinia officinarum</i> <i>Malus sylvestris</i> <i>Lavandula stoechas</i> <i>Verbascum</i> sp. <i>Matricaria</i> sp. <i>Bromus tectorum</i> <i>Armeniaca vulgaris</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Zingiber officinale</i>	The product could not be evaluated due to the absence of a label on the package	<i>Tilia</i> sp. leaves were found to be contaminated with fungi <i>Armeniaca vulgaris</i> samples were found to be infested with insects, and the plant was deteriorated A total of 27 insects were counted in the package
10	There were no labels on the product package	<i>Cinnamomum verum</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Alpinia officinarum</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Bromus tectorum</i> <i>Rosa canina</i> <i>Lolium</i> sp. <i>Alcea</i> sp. <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Malus sylvestris</i>	The product could not be evaluated due to the absence of a label on the package	Stone fragments were detected in the dried flowers of <i>Malus sylvestris</i> . Cobwebs were detected in the flowers of <i>Hibiscus</i> sp.
11	There were no labels on the product package	<i>Cinnamomum verum</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Alpinia officinarum</i> <i>Hibiscus</i> sp. <i>Rosa canina</i>	The product could not be evaluated due to the absence of a label on the package	Unwanted branch and debris content was detected in the package.

Table 2. Results of the analysis of the herbal content of mixed herbal tea blends

Mixed herbal tea samples	The number of plants on the label	Plants identified in the package	Plants identified as off-label
1	10	3	6
2	9	9	1
3	17	10	6
4	17	17	0
5	13	13	1
6	12	10	7
7	No labels on the product package	5	-
8	No labels on the product package	14	-
9	No labels on the product package	15	-
10	No labels on the product package	11	-
11	No labels on the product package	6	-

The mixed herbal teas analyzed in this study were also examined for foreign materials and contamination within the package contents. A comprehensive evaluation of the eleven herbal tea blends revealed that all packaged products contained plant components from foreign plants deemed unsuitable for tea mixtures. Additionally, certain samples were found to have insect larvae, insect eggs, and animal remnants, such as bird feathers, while some packages contained live organisms, particularly insects (Table 1). Morphological observations indicated that the plants included in the mixed herbal teas were affected by fungal contamination. The most heavily contaminated plants were identified as *Malus sylvestris* flowers, *Alcea rosea* leaves, and *Hibiscus* sp. flowers.

Consumers often perceive medicinal plants as "natural," "harmless," and/or "beneficial to health." Research has shown that these plants exhibit antioxidant, anticarcinogenic (Çelik et al., 2022), and antimicrobial properties (Feitosa et al., 2019; Dash et al., 2020). The number of active constituents in herbal medicines can vary based on several factors, including the geographical location of the source, the plant's developmental stage at harvest, post-harvest handling, drying methods, stability requirements, and standardization practices (Gezmen-Karadağ et al., 2013).

Despite the numerous documented health benefits of herbal teas, they pose a significant risk to human health when contaminated due to improper use, excessive consumption, or uncontrolled production. The environments in which these plants grow can be contaminated with harmful substances from various sources. To ensure the safety and efficacy of herbal therapies, it is crucial to implement standardization and quality control measures, which include selecting and processing raw materials, assessing the safety, efficacy, and stability of finished products, providing clear product information to consumers, and promoting the products effectively (WHO, 2004). Achieving this requires a close examination of quality indices, including macro- and microscopic assessments, moisture content analysis, qualitative chemical evaluations, and toxicological studies of herbal products and any derived herbal-based medicines.

Studies have indicated that commercially available herbal teas, often used for medicinal purposes, may contain microorganisms, pesticides, mycotoxins, heavy metals, and certain harmful chemicals, such as polycyclic aromatic hydrocarbons and pyrrolizidine alkaloids (Scolari et al., 2001; Chan, 2003; Tripathy et al., 2015; Akduman and Korkmaz, 2020). Herbal products can become contaminated and undergo changes in their composition, color, odor, taste, and

concentration if stored improperly—such as near doors, in uncovered glass containers, in unsealed bags on shelves, or in open sacks—leading to biological contamination (Schilter et al., 2003; Kayıran and Kırıcı, 2019). The presence of mycotoxigenic molds among the microorganisms found in herbal teas highlights the potential hazards posed by mycotoxins in these products. Contamination of plant materials used in tea production with microorganisms can occur prior to harvesting due to factors such as soil, water, fertilizers, sewage, animal waste, and residues. This contamination can also arise during various production stages, including harvesting, drying, grading, grinding, processing, packaging, and storage (Özyaral et al., 1994; Heperkan, 2006). While there is insufficient data to compare biological contamination levels between wild and cultivated plant materials, it is hypothesized that cultivated plants are more prone to contamination during post-harvest processing (Kosalec et al., 2009).

The growth of molds in unprocessed raw materials under unsuitable conditions can produce mycotoxins that negatively impact human health and lead to product spoilage. Herbal infusions left in suboptimal environments for prolonged periods without adequate temperature or humidity control are particularly susceptible to mold growth and mycotoxin production (Sabuncuoğlu et al., 2008; Erginkaya and Kabak, 2010).

A study investigating the growth of pathogens in intentionally contaminated brewed teas in a laboratory setting revealed that certain herbal teas used in clinical environments could pose a risk for nosocomial infections in patients during their care (Araújo and Bauab, 2012). Our research findings indicated that the plants in the mixed herbal tea blends were infected with fungi, with the highest levels of fungal contamination found in *Tilia* sp., *Myrtus communis*, *Malus sylvestris*, *Alcea rosea*, and *Hibiscus* sp. (Table 1).

In line with this rationale, our objective was to perform ethnobotanical and content analyses of packaged mixed herbal tea mixtures obtained from commercial herbalists and spice

shops in the city center of Aydın. The present study specifically focused on analyzing the non-native components found in the packages of mixed herbal teas (Tables 1 and 2). A thorough examination of the eleven different mixed herbal tea blends revealed that each packaged product contained plant components from foreign plants that were not suitable for inclusion in tea blends. Additionally, several samples were found to contain insect larvae, insect eggs, and animal matter, including bird feathers. Some packages even harbored live organisms, particularly insects (Table 1 and Table 2). Previous studies have reported similar findings, noting the presence of insects and their larvae in samples collected from herbalists in Adana Province (Baldemir and Güvenç, 2007).

Herbal products available for sale must include promotional labels that specify the route of administration, dosage, composition, and method of use. However, only six out of the eleven mixed herbal tea packages purchased from herbalists had labels, while five packages were unlabeled. Of the products with labels, only two contained the herbs that were listed; the remaining four packages contained unlabeled herbs instead. The labels on these packaged products were primarily in Turkish and lacked essential information, such as production expiration dates and place of origin. These findings align with those of a similar study conducted with herbalists in Adana, which revealed comparable results (Kayıran and Kırıcı, 2019). If the product label does not provide this essential information, it poses a potential risk to consumer health, especially for those looking to benefit from these products. The lack of details regarding the herbs, dosage, contraindications, and important health warnings may contribute to the misconception that natural products are completely safe.

4. Conclusion

Fifteen mixed herbal tea blends obtained from herbalists were examined, revealing significant issues with labeling and contamination. The packages lacked essential

information, such as production and expiration dates, and did not accurately reflect the ingredients. Some packages contained foreign plant samples, while others included foreign animal substances, such as insect larvae, insect eggs, bird feathers, and even live insects. Additionally, several plant species in the samples showed signs of fungal contamination. These findings underscore the problems of mislabeling, ingredient substitution, and contamination, which complicate the accurate identification and safety of herbal teas. The presence of both plant and animal contaminants further highlights the need for stricter quality control and proper labeling in herbal tea packaging.

To address these issues, it is essential that herbal tea blends adhere to proper labeling standards, ensuring the inclusion of production and expiration dates, as well as a clear list of ingredients, both in local and scientific terms. Good Manufacturing Practices (GMP) should be strictly followed in the processing and packaging of herbal teas, including protocols for cleanliness and quality assurance. Furthermore, measures should be implemented to prevent contamination from foreign substances, such as insects, molds, and animal residues, by ensuring proper storage conditions, including temperature and humidity control, before and after the sale of the products. These steps are crucial to ensuring the safety and quality of herbal teas and providing consumers with reliable and safe products.

Declaration of Author Contributions

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

Declaration of Conflicts of Interest

All authors declare that there are no conflicts of interest related to this article.

References

- Alakali, J., Ramadan Ismaila, A., Alaka, I., Faasema, J., Yaji, T., 2016. Quality evaluation of herbal tea blends from ginger and *Pavetta crassipes*. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(4): 1-8.
- Akçakaya, M.S., 2015. Alıcılar ve aktarlar açısından şifalı bitkilere kişisel yaklaşım. Uzmanlık Tezi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Tıp Fakültesi Aile Hekimliği Anabilim Dalı, Aydın.
- Akduman, G., Korkmaz, I.O., 2020. Microbial evaluation of Turkish herbal teas before and after infusion. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 7:170-174.
- Anonymous, 2005. Medicinal and Aromatic Plants Working Group-ECP/GR.
- Araújo, M.G.F., Bauab, T.M., 2012. Microbial quality of medicinal plant materials. In: Latest Research into Quality Control, (Edited by I. Akyar), InTech, pp: 67-81.
- Baldemir, A., Güvenç, A., 2007. Adana ve Ankara aktarlarında satılan ceviz yaprağı (*Juglandis folium*) üzerinde morfolojik ve anatomik çalışmalar. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 36(2): 105-121.
- Can, N., Duraklı Velioğlu, S., 2018. Bitki çaylarında mikrobiyal kalite ve mikotoksin varlığı. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 362-380.
- Chan, K., 2003. Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines. *Chemosphere*, 52: 1361-1371.
- Chen, G., Mujumdar, A.S., 2006. Drying of herbal medicines and tea, Third Edition. In: Handbook of Industrial Drying, (Edited by A.S. Mujumdar), CRC Press, USA, pp: 635-646.
- Çelik, T.A., Şentürk, M., Aslantürk, Ö.S., 2019. Aydın il merkezinde faaliyet gösteren aktarların kişisel ve mesleki özelliklerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2): 126-135.

- Çelik, T., Aslantürk, Ö., Yılmaz, E.Ş, Güzel, Y., 2022. Antioxidant and cytotoxic activities of *Fumaria parviflora* Lam. and *Fumaria capreolata* L. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(4): 819-827.
- Dash, S., Satapathy, K.B., Mahalik, G., 2020. Antimicrobial, antioxidative and ethnomedicinal properties of some medicinal plants of Odisha, India: A Review. *Indian Journal of Natural Sciences*, 10 (60): 22690- 22704.
- Davis, P.H., 1965-1985. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Vol. 1-9, Edinburgh.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands (Supplement), Edinburgh University Press, Vol. 10, Edinburgh.
- Erginkaya, Z., Kabak, B., 2010. Fırsatçı patojenler, küfler, parazitler, virüsler, prionlar ve alg toksinleri. In: Gıda Mikrobiyolojisi, (Edited by O. Erkmén), Eflatun Basım, Ankara, Türkiye, pp: 183-203.
- Feitosa, A.V., Dantas, F.R., Wanderley, C.Y. et al., 2019. Antimicrobial activity of medicinal plants for their potential use in the Brazilian Unified Health System. *Revista Cubana de Estomatología*, 56(4): 1-16.
- Gezmen Karadağ, M., Türközü, D., Topağaç Kapucu, D., 2013. Bitkiler ve ilaç etkileşimleri. *Medeniyet Medical Journal*, 28(4): 164-170.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, H.K.C., 2000. Flora of Turkey and East Aegean Islands, Edinburgh University Press, Supplement 2, Vol.11, Edinburgh.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T., (Editörler) 2012. Türkiye bitkileri listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Heperkan, D. 2006. Detecting and Controlling Mycotoxin Contamination of Herbs and Spices. In: Handbook of Herb and Spices Volume 3, (Edited by K.V. Peter), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 3-40
- Karagoz, ID., Sımtıçioğlu, B., Vural, U., 2023. Mixture herbal tea is oxidant or not. *International Conference on Basic Sciences, Engineering and Technology (ICBASET)*, April 27-30, 2023, Marmaris/Turkey.
- Kartal, M., 2008. Herbal medicines and quality in herbal products. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 28(6): 217-220.
- Kayıran, SD., Kırıcı, S., 2019. Adana (Türkiye) aktarlarında tedavi amacıyla satılan bitkisel droglar. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2): 183-192.
- Kosalec, I., Cvek, J., Tomic, S., 2009. Contaminants of medicinal herbs and herbal products. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 60: 485-501.
- Kökdil, G., 2002. Tıbbi çaylar. *Galenova*. 2, 19-21.
- Naithani, V., Kakkar, P., 2005. Evaluation of heavy metals in Indian herbal teas. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75: 197-203.
- Özyaral, O., Tarkan, Ö., Çevikbaş, A., Johansson, C.B. 1994. Farmasötik önemi olan bazı droglarda mikolojik analizler. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 28: 359-365.
- Parveen, A., Parveen, B., Parveen, R., Ahmad, S., 2015. Challenges and guidelines for clinical trial of herbal drugs. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(4): 329-333.
- Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B., Şahin, G., 2008. Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 28(1): 63- 92.

- Santos, L., Marín, S., Sanchis, V., Ramos, A.J., 2013. Mycotoxin in medicinal/aromatic herbs- A review. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12(2): 119- 142.
- Schilter, B., Andersson, C., Anton, R., Constable, A., Kleiner, J., O'Brien, J., Renwick, A.G., Korver, O., Smit, F., Walker, R., 2003. Guidance for the safety assessment of botanicals and botanical preparations for use in food and food supplements. *Food and Chemical Toxicology*, 41: 1625-49.
- Scolari, G., Zacconi, C., Vescovo, M., 2001. Microbial contamination of tea and aromatic herb-tea products. *Italian Journal of Food Science*, 4(13): 429- 433.
- Sezik, E., 2004. Bitkisel çay cenneti: Anadolu. URL: <http://webnaturel.com/urunbilgi/id/1243/katid/22/ustkatid/1/bitkiselcay-cenneti-anadolu.html> (Accessed:07.01.2018).
- Stevic, T., Pavlovic, S., Stankovic, S., Savikin, K., 2012. Pathogenic microorganisms of medicinal herbal drugs. *Archives of Biological Sciences*, 64(1): 49–58.
- Tayel, A.A., El-Tras, W.F., 2009. Possibility of fighting food bone bacteria by Egyptian folk medicinal herbs and spicess extracts. *The Journal of the Egyptian Public Health Association*, 84(1-2): 21-32.
- Tripathy, V., Basak, B.B., Varghese, T.S., Saha, A., 2015. Residues and contaminants in medicinal herbs-a review. *Phytochemistry Letters*, 14: 67-78.
- Tulukcu, E., Sağdıç, O., 2011. Konya'da aktarlarda satılan tıbbi bitkiler ve kullanılan kısımları, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4): 304-308.
- WHO, 2004. WHO guidelines on safety monitoring of herbal medicines in pharmacovigilance systems. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2007. WHO guidelines for assesing quality of herbal medicines with references to contaminants and residues. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2013. WHO traditional medicine strategy: 2014-2023. WHO Press, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

To Cite

Şentürk, M., Aşkın Çelik, T., Aslantürk, Ö.S., 2025. Analysis of the Composition and Contaminants in Packaged Mixed Herbal Tea Blends from Aydın Province. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 222-233.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14649437>.



0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Hasat Sonrası Salisilik Asit ve Kitosan Uygulamalarının Depolama Performansı ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri

Fırat İŞLEK¹, Atilla ÇAKIR^{2*}

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş

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

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

Özet

Klimakterik olmayan ve bozulma hızı yüksek bir meyve olan kirazın (*Prunus avium* L), hasat sonrası uygun koşullarda, insan sağlığına ve çevreye zararlı olmayan uygulamalarla depolanması önem arz etmektedir. Mevcut çalışmada, hasat sonrası salisilik asit ve kitosan kaplama uygulamalarının 0900 ziraat kiraz çeşidinin soğukta muhafazası süresince kalite parametrelerinde meydana gelen bazı değişimler incelenmiştir. Meyveler 0 °C'de ve %90-95 bağıl nemde 20 gün süreyle soğukta depolanmıştır. Depolama süresince her 5 günde bir meyve örneklerinde; ağırlık kaybı, pH, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asit miktarı, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, antosiyanin ve PAL aktivitesi analiz edilmiştir. Analizler sonucunda uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı bulunmuş olup sonuçların ağırlık kaybında %0-3.4, pH'da 3.76-4.54, suda çözünebilir kuru madde miktarında (SÇKM) 16.46-17.84 °brix, titre edilebilir asit miktarında (TEA) %0.6-0.79, toplam fenolik madde içeriğinde 108.46-130.79 mg GAE 100 g⁻¹, antioksidan kapasitesinde 32.41-44.25 mg TE g⁻¹ FW, antosiyaninde 24.38-43.32 mg siyanidin 3-glukozit 100 g⁻¹ ve PAL aktivitesinde 30.59-76.65 nmol sinamik asit h⁻¹ mg⁻¹ protein aralığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yenilebilir kitosan kaplama uygulanan kiraz meyvelerinin 20 gün boyunca başarılı bir şekilde muhafaza edilebileceği gözlemlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :25.09.2024
Kabul Tarihi :29.10.2024

Anahtar Kelimeler

Hasat sonrası
kiraz
kitosan
salisilik asit

Effects of Postharvest Salicylic Acid and Chitosan Applications on Storage Performance and Fruit Quality in 0900 Ziraat Cherry Cultivar

Abstract

Storage of cherry (*Prunus avium* L), which is a non-climacteric fruit with high spoilage rate, under appropriate conditions after harvest and with applications that are not harmful to human health and the environment is important. In this study, the changes in the quality parameters of 0900 ziraat cherry variety during the cold storage of post-harvest salicylic acid and chitosan coating applications were investigated. The fruits were stored at 0 °C and 90-95% relative humidity for 20 days. Weight loss, pH, water soluble dry matter, titratable acid content, total phenolic content, antioxidant capacity, anthocyanin and PAL activity were analysed every 5 days during storage. As a result of the analyses, the difference between the treatments was found statistically significant at 5% level and the results were 0-3.4% in weight loss, 3.76-4.54% in pH, 16.46-17.84 °brix in water soluble dry matter (SSC), 0.6-7.9% in titratable acid (TA), total phenolic content 108.46-130.79 mg GAE 100 g⁻¹, antioxidant capacity 32.41-44.25 mg TE g⁻¹ FW, anthocyanin 24.38-43.32 mg cyanidin 3-glucoside 100 g⁻¹ and PAL activity 30.59-76.65 nmol cinnamic acid h⁻¹ mg⁻¹ protein. As a result of the study, it was observed that cherry fruits with edible chitosan coating can be successfully preserved for 20 days.

Research Article

Article History

Received :25.09.2024
Accepted :29.10.2024

Keywords

Post harvest
cherry
chitosan
salicylic acid

1. Giriş

Kiraz, erkenci bir meyve olması ve üstün kalite özellikleri nedeniyle tüketiciler tarafından en çok tercih edilen meyvelerden biridir (Commisso ve ark., 2017; Mirto ve ark., 2018). Tadı, rengi, besin değeri ve sağlığa yararlı etkileri nedeniyle tüketiciler tarafından büyük ilgi görmektedir. Kiraz meyvelerinin önemli kalite özellikleri ağırlık, renk, sertlik, tatlılık, ekşilik, lezzet ve aromadır (Crisosto ve ark., 2006; Ballistreri ve ark., 2013). Pazar değerinin belirlenmesinde en önemli kalite parametreleri meyve olgunlaşmasıyla ilgili olan ve antosiyanin konsantrasyonundan kaynaklanan kabuk rengi (Serrano ve ark., 2005a) ve hasatta suda çözünebilir katı madde-titre edilebilir asitlik oranıdır (SÇKM/TA). Her iki parametre de sap kahverengileşmesinin olmamasıyla tüketici kabulünü belirlemektedir (Crisosto ve ark., 2003). Meyve ve sebzelerin tüketimi kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve nörodejeneratif bozukluklar gibi hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilmektedir (Aquilano ve ark., 2008). Bu koruma potansiyeli temel olarak meyve ve sebzelerdeki antioksidanların, lipidlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin oksidatif hasarından sorumlu olduğu düşünülen reaktif oksijen türlerini (ROS-reactive oxygen species) temizleme kapasitesine bağlanmaktadır (Nehru ve Bhalla, 2006). Meyve ve sebzeler, sağlığa faydalarının yanı sıra, zararlı ROS'lara karşı koruma sağlayan ve bu nedenle kanser ve kalp hastalıklarının daha düşük görülme sıklığı ve ölüm oranları ile ilişkili olan fenoller, flavonoidler, antosiyaninler ve askorbik asit gibi doğal antioksidanların iyi bir kaynağını oluşturmaktadır (Shui ve Leong, 2006). Meyveler geleneksel tıpta karaciğer ve böbrek fonksiyonlarını iyileştirmek ve analjezik, diüretik ve antidiyabetik özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır (Celep ve ark., 2012, Popović ve ark., 2012, Šamec ve Piljac-Žegarac, 2011, Vareed ve ark., 2006). Bu meyvenin antikanser, antiviral, bağışıklık güçlendirici ve hipolipidemik aktiviteler gibi biyolojik fonksiyonları, ROS temizleyici ve antioksidan aktivitelerine atfedilmektedir. Bu nedenle, fenolikler, flavonoidler, antosiyaninler ve

askorbik asit gibi antioksidan aktiviteye sahip ikincil bileşikler ve kiraz meyvelerindeki antioksidanlar, insan sağlığına yardımcı olan koruyucu ajanlar olarak büyük ilgi görmektedir.

Bununla birlikte kirazların hasat sonrası ömrü, solunum aktiviteleri, sapların kahverengileşmesi ve kurumması, meyve renginin koyulaşması, buruşması ile belirginleşen hızlı yaşlanmaya karşı hassasiyetleri nedeniyle nispeten kısadır (Chockchaisawasdee ve ark., 2016; Correia ve ark., 2017). Diğer etli meyvelerin aksine, kiraz meyvesi yaşlanmasının farklı yönleri bulunmaktadır (Wani ve ark., 2014). Kirazlar, yenilebilir kısmına göre dokuya özgü fizyolojik ve metabolik farklılıklar gösteren saplarıyla hasat edilmekte, soğukta depolanmakta ve pazarlanmaktadır. Örneğin, kiraz sapı, meyvenin kendisinden çok daha ince bir epidermis ve kütikül tabakasına sahiptir, bu da su ve karbondioksit kayıplarına karşı daha yüksek bir hassasiyete neden olmaktadır (Sekse, 1996). Kiraz meyveleri hasattan sonra hızla bozulmakta ve bazı durumlarda nakliye ve pazarlamadan sonra tüketicilere optimum kalitede ulaşmamaktadır. Kirazda bozulmanın başlıca nedenleri ağırlık kaybı, renk değişimleri, yumuşama, yüzey çukurlaşması, sap kahverengileşmesi ve asitlik kaybı iken, suda çözünür kuru madde de (SÇKM) nispeten değişimler meydana gelmektedir (Bernalte ve ark., 2003). Ayrıca *Penicillium*, *Botrytis* ve *Monilia* cinslerine ait türlerden kaynaklanan çürümelere karşı dikkatli olunması gerekmektedir (Venturini ve ark., 2002). Bu fungal bozulmalar büyük ekonomik kayıplara neden olabilmektedir ancak çürüklerin oluşumu ve bunların kiraz kalitesi üzerindeki etkisinin çeşide ve hasattaki olgunlaşma aşamasına bağlı olduğu da bildirilmiştir (Esti ve ark., 2002, Kappel ve ark., 2002). Çürümeyi kontrol etmek için çeşitli hasat öncesi ve sonrası teknolojiler kullanılmaktadır, ancak fungusit olarak kimyasalların hasat sonrası kullanımı çoğu ülkede kısıtlanmıştır ve tüketiciler pestisit kalıntısı olmayan tarımsal ürünler talep etmektedir (Wilcock ve ark., 2004). Bu teknolojiler arasında, modifiye

atmosfer paketlenme (MAP) kullanımının kiraz meyvelerinde kalite kaybına yol açan fiziksel-kimyasal değişikliklerin geciktirilmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Spotts ve ark., 2002, Remón ve ark., 2003). Meyvede solunum nedeniyle ambalaj içinde CO₂ artarken O₂ seviyesi düşer ve dolayısıyla ambalaj içerisinde artan CO₂ oranı meyvelerde solunum hızının yavaşlamasına ve yaşlanmanın gecikmesine neden olmaktadır (Habib ve ark., 2015). Klimakterik meyvelerde, etilen reseptörlerine büyük ölçüde bağlanması nedeniyle etilenin güçlü bir inhibitörü olan 1-metilsiklopropenin (1-MCP) klimakterik öncesi uygulamasının olgunlaşmayı ve yaşlanmayı geciktirdiği bildirilmiştir (Minas ve ark., 2013). Araştırmalar ayrıca 1-MCP'nin klimakterik olmayan meyvelerde olgunlaşma ile ilgili bazı süreçleri ve fizyolojik bozuklukları etkileyebileceğini göstermektedir (Li ve ark., 2016). Buna paralel olarak, kiraz meyvelerinin etilen biyosentezi yapma potansiyeline sahip olabileceği öne sürülmüştür (Ren ve ark., 2011). Son yıllarda, MAP'ın çeşitli esansiyel yağlarla kombinasyonu ile MAP'ın soğuk depolama sırasında kiraz meyvesi kalitesinin korunması ve raf ömrünün uzatılması üzerindeki pozitif etkisinin arttığı gözlemlenmiştir (Remon ve ark., 2004; Serrano ve ark., 2005b; Chockchaisawasdee ve ark., 2016). Yenilebilir kaplamalar geleneksel olarak gıda görünümünü ve muhafazasını iyileştirmek için kullanılmaktadır. İşleme, taşıma ve depolama sırasında bariyer görevi görürler ve yalnızca gıdanın bozulmasını geciktirerek kalitesini arttırmakla kalmazlar aynı zamanda doğal biyosit aktivitesi veya antimikrobiyal bileşiklerin dahil edilmesi nedeniyle güvenilirdirler (Petersen ve ark., 1999). Balmumu, süt proteinleri, selülozlar, lipitler, nişasta, zein ve aljinat dahil olmak üzere farklı bileşikler esas olarak ürünlerin ağırlık kaybını önlemek için yenilebilir kaplamalar olarak kullanılmaktadır (Cha ve Chinnan, 2004). Yağ asitleri ve polisakarit türevleri kiraz meyvesinin solunum hızını ve ağırlık kaybını azaltmaktadır (Alonso ve Alique, 2004). Buna ek olarak, kitosan bazlı yenilebilir kaplamalar tek başına veya basınçlı

hava uygulamaları ile birlikte kirazda hasat sonrası çürümeyi azalttığı bildirilmiştir (Romanazzi ve ark., 2003). Hasat sonrası süreçte, iç ve dış faktörler nedeniyle meyve ve sebzelerde kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmekte ve bu da besin kalitesinde kayıplara yol açmaktadır. Hasat sonrası faktörlerin neden olduğu bu olumsuz etkileri önlemek için, doğal ve güvenli bir uyarıcı molekül olarak salisilik asit (SA) gibi çevre dostu uygulamaların kullanılması önerilmektedir (Asghari ve Aghdam, 2010). Salisilik asit, meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını geciktirme, kalitesini artırma ve hasat sonrası kayıplarını kontrol etme konusunda yüksek bir potansiyel sergilemektedir (Asghari ve Aghdam, 2010). Bu çalışmanın amacı, hasat sonrası kısa ömrü olan 0900 Ziraat (Napolyon) kiraz çeşidinde salisilik asit ve kitosan yenilebilir kaplama uygulamalarının soğukta depolama süresince meyve kalitesini etkileyen ağırlık kaybı, pH, suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik, toplam fenolik, antioksidan kapasitesi, antosiyanin ve fenilalanin amonyak liyaz üzerine olan etkilerini araştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada bitki materyali olarak Bingöl ilinde çiftçi bahçesinden hasat edilen 0900 Ziraat kiraz çeşidi kullanılmıştır. Hasat edilen meyveler 0 °C'de 12 saat süresince ön soğutmaya tabi tutulmuştur. Ön soğutma sonrasında meyvelerden olgunluk durumuna ve boyutuna göre birbirine benzer olanlar seçilmiş ve 3 gruba ayrılmıştır. İlk grup meyvelere hiçbir işlem uygulanmadan 500 g tartıldıktan sonra şalelere yerleştirilmiştir. İkinci grup meyveler 1 mM salisilik asit içeren çözelti içerisinde 5 dakika bekletildikten oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır. Üçüncü grup meyveler ise %1 kitosan + %2 gliserin içeren çözeltiye 2 dakika daldırılmıştır. Daha sonra zorlanmış hava akımı altında 3 saat kurutulmaya bırakılmıştır. Tüm uygulama grubu meyveler 3 tekerrür olacak şekilde 0 °C'de sıcaklık ve %90-95 bağıl nemde 20 gün boyunca depolanmıştır.

Analizler, depolama süresince 5 gün aralıklarla yapılmıştır.

Ağırlık kaybını tespit etmek amacıyla depolamanın 0. gününü takiben 5'er günlük analiz periyodunda hassas terazi yardımıyla ölçümler yapılmış olup başlangıca kıyasla % olarak ifade edilmiştir.

pH değeri, pH metre (Mettler Toledo) probu meyve suyuna daldırılarak okunmuştur. Suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) dijital el refraktometresi ile tespit edilmiş ve sonuçlar °brix olarak ifade edilmiştir (Atago, Tokyo, Japonya). Titre edilebilir asitlik miktarı (TEA) ise pH 8.1 olana kadar 0.1 N NaOH çözeltisi meyve suyuna ilave edilmiştir ve sonuçlar malik asit (%) eşdeğeriyle hesaplanmıştır.

Meyvelerde antioksidan kapasitesi serbest radikal 2,2-dipheynl-1-picrylhydrazyl (DPPH) süpürme aktivitesi olarak Chiou ve ark. (2007) tarafından bildirilen düzenlemelerle Nakajima ve ark. (2004) prensibine göre ölçülmüştür. Seyreltilmiş ekstraktların elli mikrolitresi (konsantrasyonlar 2-20 mg mL⁻¹) metanol içinde 1.0 mL 6 × 10⁻⁵ mol L⁻¹ DPPH (serbest radikal, %95, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya) üzerine eklenmiştir. Karışım karıştırılıp oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra absorbans spektrofotometrik olarak 515 nm'de ölçülmüştür. sonuçlar µmol trolox eşdeğeri (TE) g⁻¹ olarak ifade edilmiştir.

Meyvelerde toplam fenolik madde içeriği, Slinkard ve Singleton (1977) tarafından belirtildiği üzere Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Gallik asit standart olarak kullanılmış ve sonuçlar 100 g taze ağırlık başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.

Toplam antosiyanin miktarını belirlemek amacıyla pH-diferansiyel yöntemi kullanılmıştır (He ve Giusti, 2010). Ekstraktlar 4 mL'lik plastik tüplerde 0.025 M potasyum klorür tamponu (pH 1.0) ve 0.4 M sodyum asetat tamponu (pH 4.5) ile seyreltilmiştir. Absorbans 510 ve 700 nm'de ölçülmüş ve antosiyanin içeriği 29.600 molar ekstinksiyon katsayısı (siyanidin 3-glukozit) ve absorbans

kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar mg siyanidin 3-glukozit eşdeğeri 100 g⁻¹ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

Fenilalanin amonyak liyaz (PAL) aktivitesinin ölçümü Yao ve Tian (2005) yöntemine göre 290 nm'de gerçekleştirilmiştir. Enzim ekstraktı (1 mL) 2 ml borat tamponu (50 mM, pH 8.8) ve 1 mL l-fenilalanin (20 mM) ile 37 °C'de 60 dakika inkübe edilmiştir. PAL aktivitesi nmol sinnamik asit h⁻¹ mg⁻¹ protein olarak tanımlanmıştır.

Çalışmada, uygulamalar faktör olarak değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemek için anlamlı bulunan ortalamalar "Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi" ne göre gruplandırılmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için 'SPSS versiyon 20.0' istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Depolama süresince 0900 Ziraat kiraz çeşidinde ağırlık kaybı, pH, SÇKM ve TEA değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 istatistiki olarak incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark depolamanın 0. günü haricinde, yapılan diğer analiz günlerinde önemli bulunmuştur (p<0.05).

Ağırlık kaybı depolama süresince oransal olarak artış göstermiş olup, depolama sonunda en yüksek ağırlık kaybı kontrol grubu (%3.40) meyvelerinde, en düşük ağırlık kaybı ise kitosan kaplama (%1.66) uygulanan meyvelerde gözlemlenmiştir. Ağırlık kaybı özellikle yenilebilir kaplama uygulanan meyvelerde nispeten salisilik asit uygulanan meyvelere kıyasla daha iyi sonuç gösterdiği saptanmıştır. Bu durum yenilebilir kapmanın meyve yüzeyinde bariyer görevi görmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, yapılan çalışmalarda yenilebilir kaplama uygulamalarının ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğu çalışmamıza paralel olarak birçok çalışmada bildirilmiştir (Certel ve ark., 2004;

Sabır ve Açar, 2008; Koçak ve Bal, 2017; İşlek, 2024). Yenilebilir kaplamalar, yarı geçirgen bir film görevi görerek meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır, böylece su kaybını en aza indirmek ve ürünün solunum hızını yavaşlatmak için ürün kendisi ve çevresi arasında modifiye edilmiş bir atmosfer oluşturmaktadır (Park, 1999). Ayrıca yapılan farklı çalışmalarda, hasat sonrası kiraz meyvelerine uygulanan yenilebilir kaplamaların depolama süresince meyvelerin kalitesini koruduğu ve meyvelerin görünümünü, raf ömürlerini ve kalitelerini iyileştirdikleri ortaya konulmuştur (Aday ve Caner, 2010, Díaz-Mula ve ark., 2012).

Kiraz meyvelerinde pH depolama süresince depolama başlangıcına (3.76) kıyasla düzenli bir artış göstermiştir. Depolamanın 20. gününde en fazla artış kontrol grubu meyvelerinde (4.54) gözlemlenirken en az artış kitosan kaplama uygulamasında (4.24) belirlenmiştir (Tablo 1).

pH'ı belirleyen unsurlardan biri de solunumdur (Kader ve Ben-Yehoshua, 2000).

Bal ve Çerçinli (2013), yürüttükleri bir araştırmada solunum hızının yenilebilir kaplama uygulamaları ile yavaşlatıldığı ve muhafaza sonunda kaplanmamış meyvelerde kaplanmış meyvelere kıyasla daha yüksek pH değeri ölçüldüğü sonucuna varmışlardır. Karagöz (2018), yenilebilir kaplama ile kaplanmış elmalarda depolama sonunda ölçülen pH değerinin kontrol grubu meyvelerine göre daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Temiz (2020), çilek meyvelerine uygulanan yenilebilir kaplamada, pH değeri depolama sonunda kontrol grubuna göre daha düşük ölçülmüştür. Tulukoğlu Kunt (2018), kiraz meyvelerinde depolama süresince pH değerinde artış olduğunu ve depolama sonunda kaplanmış örneklerde kontrol meyvelerine göre yenilebilir daha düşük pH değeri ölçüldüğünü tespit etmiştir. Mevcut çalışmadan elde ettiğimiz bulguların yukarıda bahsi geçen çalışmalar ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca kitosan ve salisilik asit uygulanan meyvelerde istatistiki olarak azalan bir önem gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 1. Depolama süresince ağırlık kaybı (%), pH, SÇKM (°brix) ve TEA (%) değerlerinde meydana gelen değişimler

Table 1. The changes in weight loss (%), pH, SSC (°brix) and TA (%) values during storage

		Muhafaza süresi (Günler)				
Uygulamalar		0	5	10	15	20
Ağırlık Kaybı	Kontrol	0.00 ± 0.00	1.31 ± 0.03 a	1.94 ± 0.02 a	2.54 ± 0.06 a	3.40 ± 0.03 a
	Salisilik Asit	0.00 ± 0.00	0.95 ± 0.04 b	1.30 ± 0.04 b	1.72 ± 0.04 b	2.12 ± 0.03 b
	Kitosan	0.00 ± 0.00	0.67 ± 0.03 c	0.83 ± 0.03 c	1.27 ± 0.03 c	1.66 ± 0.05 c
pH	Kontrol	3.76 ± 0.04	4.14 ± 0.05 a	4.27 ± 0.03 a	4.42 ± 0.03 a	4.54 ± 0.02 a
	Salisilik Asit	3.76 ± 0.04	3.99 ± 0.02 b	4.13 ± 0.03 b	4.23 ± 0.01 b	4.33 ± 0.02 b
	Kitosan	3.76 ± 0.04	3.90 ± 0.02 b	4.09 ± 0.02 b	4.17 ± 0.01 b	4.24 ± 0.01 c
SÇKM	Kontrol	16.46 ± 0.04	16.92 ± 0.01 a	17.18 ± 0.02 a	17.67 ± 0.03 a	17.84 ± 0.02 a
	Salisilik Asit	16.46 ± 0.04	16.73 ± 0.01 b	16.94 ± 0.03 b	17.27 ± 0.03 b	17.41 ± 0.02 b
	Kitosan	16.46 ± 0.04	16.64 ± 0.01 c	16.82 ± 0.02 c	17.02 ± 0.03 c	17.24 ± 0.01 c
TEA	Kontrol	0.79 ± 0.02	0.70 ± 0.01 c	0.66 ± 0.00 b	0.62 ± 0.01 b	0.60 ± 0.01 c
	Salisilik Asit	0.79 ± 0.02	0.74 ± 0.00 b	0.71 ± 0.01 a	0.68 ± 0.01 a	0.64 ± 0.01 b
	Kitosan	0.79 ± 0.02	0.75 ± 0.00 a	0.72 ± 0.00 a	0.69 ± 0.01 a	0.68 ± 0.00 a

Farklı küçük harfler aynı depolama süresi için 'uygulamalar arası' farkı gösterir. ($p < 0.05$)

SÇKM depolamanın 0. gününde 16.46 °Briks iken depolama süresince artış göstermiştir ve depolamanın sonunda 17.84 °Briks değeriyle en yüksek sonuç kontrol meyvelerinde, en düşük sonuç ise kitosan kaplama uygulanan meyvelerde 17.24 °Briks

olarak kaydedilmiştir. TEA oranı ise depolamanın başlangıcında %0.79 olup depolama süresince azalış göstermiştir. Depolama sonunda düşüş miktarı en fazla kontrol grubunda (%0.60), en az düşüş ise yine kitosan kaplama (%0.68) uygulanan

meyvelerde tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu durum kaplanmamış meyvelerde bulunan daha yüksek solunum oranıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Meyvelerin hem SÇKM hem de TEA içeriğinde, kontrol ile uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

SÇKM, çeşide bağlı olarak 11 ile 25°Brix arasında değişmekte ve temel olarak glikoz ve fruktozdan, daha az oranda da sakkaroz ve sorbitolden oluşmaktadır. TEA da çeşide bağlı olarak %0.4-1.5 arasında değişmekte olup, asıl organik asit malik asitten oluşmaktadır (Esti ve ark., 2002, Bernalte ve ark., 2003). Kaplama uygulanan kirazların, kaplanmamış meyvelere kıyasla daha uzun raf ömrüne sahip olduğu ve sertlik, ağırlık kaybı, TEA, SÇKM, askorbik asit içeriği ve dış renk gibi kalite parametrelerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Aday ve Caner, 2010, Díaz-Mula ve ark., 2012). Bununla birlikte, farklı yenilebilir kaplamaların birbirinden farklı özelliklere sahip olduğu ve dolayısıyla kirazların raf ömrü üzerinde farklı etkileri olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Depolama süresince 0900 Ziraat kiraz çeşidinde toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, antosiyanin ve PAL aktivitesi değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2 istatistiki olarak incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark depolamanın 0. günü haricinde, yapılan diğer analiz günlerinde önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$).

Meyvelerin toplam fenolik madde içeriğinde ve antioksidan kapasitesinde muhafaza süresince bir azalış gözlemlenmiştir. Fakat bu azalışlar hasat sonrası uygulamalar ile kontrol grubu meyvelerine nazaran daha az olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda toplam fenolik madde içeriğinde en az düşüş kitosan kaplama uygulamasında ($118.78 \text{ mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$), en fazla düşüşün ise kontrol grubu meyvelerinde ($108.41 \text{ mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, depolama sonunda antioksidan kapasitesinde en fazla düşüş kontrol meyvelerinde ($32.41 \text{ mg TE g}^{-1} \text{ FW}$), en az düşüş ise kitosan kaplanan meyvelerde ($37.43 \text{ mg TE g}^{-1} \text{ FW}$) tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Depolama süresince toplam fenolik madde içeriği ($\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$), antioksidan kapasitesi ($\text{mg TE g}^{-1} \text{ FW}$), antosiyanin ($\text{mg siyanidin 3-glukozit } 100 \text{ g}^{-1}$) ve PAL aktivitesi ($\text{nmol sinamik asit h}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$) değerlerinde meydana gelen değişimler

Table 2. The changes in total phenolic content ($\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$), antioxidant capacity ($\text{mg TE g}^{-1} \text{ FW}$), anthocyanin ($\text{mg cyanidin 3-glucoside } 100 \text{ g}^{-1}$) and PAL activity ($\text{nmol cinnamic acid h}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$) during storage

		Muhafaza süresi (Günler)				
Uygulamalar		0	5	10	15	20
Toplam Fenol	Kontrol	130.79 ± 1.53	123.67 ± 0.84 b	118.78 ± 0.19 c	111.20 ± 0.53 c	108.46 ± 0.60 c
	Salisilik Asit	130.79 ± 1.53	127.32 ± 0.56 a	123.84 ± 0.21 b	119.02 ± 0.14 b	114.96 ± 0.32 b
	Kitosan	130.79 ± 1.53	128.00 ± 0.30 a	125.33 ± 0.22 a	121.06 ± 0.21 a	118.78 ± 0.25 a
Antioksidan Kapasitesi	Kontrol	44.25 ± 0.54	41.24 ± 0.10 c	37.39 ± 0.10 c	35.29 ± 0.04 c	32.41 ± 0.11 c
	Salisilik Asit	44.25 ± 0.54	42.36 ± 0.18 b	40.17 ± 0.08 b	38.02 ± 0.25 b	36.28 ± 0.08 b
	Kitosan	44.25 ± 0.54	42.94 ± 0.03 a	41.32 ± 0.02 a	39.84 ± 0.22 a	37.43 ± 0.05 a
Antosiyanin	Kontrol	24.38 ± 0.58	34.37 ± 0.50 a	40.25 ± 0.52 a	41.97 ± 0.15 a	43.32 ± 0.09 a
	Salisilik Asit	24.38 ± 0.58	27.67 ± 0.40 b	33.34 ± 0.51 ab	36.28 ± 0.09 b	37.70 ± 0.19 b
	Kitosan	24.38 ± 0.58	26.29 ± 0.08 c	26.52 ± 3.64 b	32.35 ± 0.08 c	34.19 ± 0.04 c
PAL Aktivitesi	Kontrol	30.59 ± 0.32	38.37 ± 0.41 c	43.38 ± 0.72 c	47.71 ± 0.25 c	53.79 ± 0.26 c
	Salisilik Asit	30.59 ± 0.32	44.64 ± 0.32 b	57.77 ± 0.24 b	64.98 ± 0.40 b	70.89 ± 0.11 b
	Kitosan	30.59 ± 0.32	53.43 ± 0.22 a	66.30 ± 0.07 a	72.04 ± 0.41 a	76.65 ± 0.60 a

Farklı küçük harfler aynı depolama süresi için ‘uygulamalar arası’ farkı gösterir. ($p < 0.05$)

Meyvelerin antosiyanin içeriğinde muhafaza süresince bir artış tespit edilmiştir. Meydana gelen bu artış hasat sonrası uygulamalar ile nispeten kontrol altında

tutulmuştur. Depolama sonunda antosiyanin oranında en fazla artış kontrol grubunda ($43.32 \text{ mg siyanidin 3-glukozit } 100 \text{ g}^{-1}$) meydana gelirken en az artış kitosan kaplama (34.19 mg

siyanidin 3-glukozit 100 g⁻¹) uygulanan meyvelerde belirlenmiştir. Öte yandan, PAL aktivitesi depolama süresince artış göstermiş olup depolama sonunda en fazla artış kitosan kaplama (76.65 nmol sinnamik asit h⁻¹ mg⁻¹ protein) uygulanan meyvelerde en az artış ise kontrol grubu (53.79 nmol sinnamik asit h⁻¹ mg⁻¹ protein) meyvelerinde gözlemlenmiştir.

Fenoller, düşük yoğunluklu lipoproteinlere (LDL) yönelik etkileri yoluyla kalp hastalığı riskinin azalması ile ilişkilendirilmektedir (Vinson ve ark., 2001). Ayrıca, fenoller meyve ve sebzelerin renk, burukluk, acılık ve lezzet gibi besinsel kalite özelliklerine katkılarından dolayı oldukça önemli bir yere sahiptir. Fenoller ve flavonoidler faydalı antioksidanlardır ve ROS'u temizleyici aktivite gösterirler (Hassanpour ve ark., 2011). Fenoliklerin antioksidan özellikleri taze meyve ve sebzelerde depolama süresinin artmasında ve kalitenin korunmasında önemli rol oynamaktadırlar. ROS zararı kronik hastalıklara neden olmaktadır ve bu nedenle antioksidanlar insan sağlığı üzerinde faydalı etkilere sahip olabilmektedir. Ayrıca, antosiyaninlerin güçlü antioksidan ve ROS temizleyicileri oldukları bildirilmiştir (Hassanpour ve ark., 2011). Valero ve ark. (2011) kiraz meyvelerinin SA ile muamelesinin soğuk depolama sırasında toplam antosiyanin ve fenolik içeriğini arttırdığını bildirmiştir. SA uygulaması depolama sırasında kiraz meyvelerindeki PAL aktivitesini arttırmıştır (Qin ve ark., 2003). SA uygulanan kiraz meyvelerindeki yüksek toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriğinin yüksek PAL aktivitesine atfedilebileceği bildirilmiştir (Dokhanieh ve ark., 2013). Nar meyvesinde (Sayyari ve ark., 2011), kiraz meyvesinde (Dokhanieh ve ark., 2013) salisilik asit uygulamasının hem hidrofilik (H-TAA) hem de lipofilik (L-TAA) fraksiyonlarda daha yüksek besleyici (şekerler ve organik asitler), biyoaktif bileşikler (toplam fenoller ve antosiyaninler) ve toplam antioksidan aktivite içeriğini korumada etkili olduğunu bildiren çalışmalarla uyum içerisindedir.

PAL, bitki savunma sistemi ile ilgili olan fenilpropanoid sisteminin ilk basamağında yer

alan anahtar bir enzimdir (Dixon ve Paiva, 1995). PAL'daki artışlar meyvenin lezyon çapındaki azalma ile ilişkilidir. Önceki araştırmacılar da β -1,3-glukanaz, PAL ve POD'nin bitkilerde uyarılmış dirençle ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir (Hammerschmidt ve ark., 1982, Pellegrini ve ark., 1994, Mohammadi ve Kazemi, 2002, Qin ve ark., 2003). Öte yandan hasat sonrası uygulamalar PAL ve POD gibi savunma ile ilgili enzimlerin aktivitelerini artırarak kiraz meyvelerindeki savunma reaksiyonlarını artırdığı düşünülmektedir.

Renk, taze, depolanmış ve işlenmiş kirazların olgunluk ve kalitesinin en önemli göstergelerinden biridir (Drake ve ark., 1982). Kirazlarda renk esas olarak kabuktaki farklı antosiyaninlerin konsantrasyonu ve dağılımının (Gao ve Mazza, 1995) yanı sıra pH ve meyvelerdeki renksiz fenoliklerin seviyeleri ve türleri ile ışık, sıcaklık, oksijen, metal iyonları ve enzimler gibi diğer faktörlerden etkilenir (Delgado-Vargas ve Paredes-López, 2003). Aljinat, jelatin, karboksi-metilselüloz, kitosan, peynir altı suyu proteini izolatu, gomalak, kalsiyum klorürler, badem sakızı, arap sakızı, Aloe vera jeli ve β -aminobütirik asit gibi çeşitli kaplama türleri kirazlarda yenilebilir kaplama olarak kullanımı yapılan çalışmalarda önerilmiştir (Rojas-Argudo ve ark., 2005, Martínez-Romero ve ark., 2006, Mahfoudhi ve Hamdi, 2015).

4. Sonuç ve Öneriler

Kiraz meyveleri hasattan sonra hızla bozulmakta bazı durumlarda nakliye ve pazarlamadan sonra tüketicilere optimum kalitede ulaşamamaktadır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre insan sağlığına ve çevreye zararlı olmayan doğal bileşiklerin kirazlarda hasat sonrası kullanımı kaliteyi önemli ölçüde korumaktadır. Salisilik asit ve yenilebilir kitosan kaplama uygulanan kirazlarda 0 °C'de sıcaklık ve %90-95 bağıl nemde 20 gün boyunca başarılı bir şekilde muhafaza edilebileceği gözlemlenmiştir. Kiraz meyvelerinde hasat sonrası hastalıklara karşı savunma direnç sistemini uyarmak için özellikle hasat sonrası yenilebilir kitosan

kaplamanın uygulanmasının, ticari ölçekte hasat sonrası bozulmaları kontrol etmek için yararlı ve umut verici bir önlem olabileceğini göstermiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Aday, M.S., Caner, C., 2010. Understanding the effects of various edible coatings on the storability of fresh cherry. *Packaging Technology and Science*, 23(8): 441-456.
- Alonso, J., Alique, R., 2004. Influence of edible coating on shelf life and quality of "Picota" sweet cherries. *European Food Research and Technology*, 218: 535-539.
- Aquilano, K., Baldelli, S., Rotilio, G., Ciriolo, M.R., 2008. Role of nitric oxide synthases in Parkinson's disease: a review on the antioxidant and anti-inflammatory activity of polyphenols. *Neurochemical Research*, 33: 2416-2426.
- Asghari, M., Aghdam, M.S., 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10): 502-509.
- Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., Rapisarda, P., 2013. Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Food chemistry*, 140(4): 630-638.
- Barrelt, D.M., Gonzalez, C., 1994. Activity of softening enzymes during cherry maturation. *Journal of Food Science*, 59(3): 574-577.
- Bernalte, M.J., Sabio, E., Hernandez, M.T., Gervasini, C., 2003. Influence of storage delay on quality of 'Van'sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2): 303-312.
- Celep, E., Aydın, A., Yesilada, E., 2012. A comparative study on the in vitro antioxidant potentials of three edible fruits: Cornelian cherry, Japanese persimmon and cherry laurel. *Food and Chemical Toxicology*, 50(9): 3329-3335.
- Certel, M., Uslu, M.K., Özdemir, F., 2004. Effects of sodium caseinate and milk protein concentrate-based edible coatings on the postharvest quality of bing cherries. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 84(10): 1229-1234.
- Cha, D.S., Chinnan, M.S., 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4): 223-237.
- Chiou, A., Karathanos, V.T., Mylona, A., Salta, F.N., Preventi, F., Andrikopoulos, N.K., 2007. Currants (*Vitis vinifera* L.) content of simple phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 102(2): 516-522.
- Chockchaisawasdee, S., Golding, J.B., Vuong, Q.V., Papoutsis, K., Stathopoulos, C.E., 2016. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends in Food Science & Technology*, 55: 72-83.
- Commisso, M., Bianconi, M., Di Carlo, F., Poletti, S., Bulgarini, A., Munari, F., Guzzo, F., 2017. Multi-approach metabolomics analysis and artificial simplified phytocomplexes reveal cultivar-dependent synergy between polyphenols and ascorbic acid in fruits of the sweet cherry (*Prunus avium* L.). *PLoS One*, 12(7): e0180889.
- Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P., Gonçalves, B., 2017. Factors affecting quality and health promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8: 2166.

- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Metheney, P., 2003. Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1): 159-167.
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Ritenour, M.A. 2002. Testing the reliability of skin colour as an indicator of quality for early season Brooks (*Prunus avium* L.) cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 147-154.
- Delgado-Vargas, F., Paredes-Lopez, O., 2002. *Natural colorants for food and nutraceutical uses*. CRC press.
- Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., Valero, D., 2012. Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 2990-2997.
- Dixon, R.A., Paiva, N.L., 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7(7): 1085.
- Dokhanieh, A.Y., Aghdam, M.S., Fard, J.R., Hassanpour, H., 2013. Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, 154: 31-36.
- Drake, S.R., Proebsting, E.J., Spayd, S.E., 1982. Maturity index for the color grade of canned dark sweet cherries. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 107-180
- Esti, M., Cinquanta, L., Sinesio, F., Moneta, E., Di Matteo, M., 2002. Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76(4): 399-405.
- Gao, L., Mazza, G., 1995. Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(2): 343-346.
- Habib, M., Bhat, M., Dar, B.N., Wani, A.A., 2017. Sweet cherries from farm to table: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8): 1638-1649.
- Hammerschmidt, R., Nuckles, E.M., Kuć, J., 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiological Plant Pathology*, 20(1): 73-82.
- Hassanpour, H., Yousef, H., Jafar, H., Mohammad, A., 2011. Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, 129(3): 459-463.
- He, J., Giusti, M.M., 2010. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1): 163-187.
- İşlek, F., 2024. Domateste pektin kaplamanın muhafaza süresince bazı kalite parametreleri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(4): 927-932.
- Kappel, F., Toivonen, P., McKenzie, D.L., Stan, S., 2002. Storage characteristics of new sweet cherry cultivars. *HortScience*, 38: 139-143.
- Koçak, H., Bal, E., 2017. Hasat sonrası UV-C ve yenilebilir yüzey kaplama uygulamalarının kiraz meyve kalitesi ile muhafaza süresi üzerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1): 79-88.
- Li, L., Lichter, A., Chalupowicz, D., Gamrasni, D., Goldberg, T., Nerya, O., & Porat, R., 2016. Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 111: 322-329.
- Mahfoudhi, N., Hamdi, S., 2015. Use of almond gum and gum arabic as novel edible coating to delay postharvest ripening and to maintain sweet cherry (*Prunus avium* L) quality during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 1499-1508.

- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M.J., 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1): 93-100.
- Minas, I.S., Crisosto, G.M., Holcroft, D., Vasilakakis, M., Crisosto, C.H., 2013. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10 C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 1-9.
- Mirto, A., Iannuzzi, F., Carillo, P., Ciarmiello, L.F., Woodrow, P., Fuggi, A., 2018. Metabolic characterization and antioxidant activity in sweet cherry (*Prunus avium* L.) Campania accessions: Metabolic characterization of sweet cherry accessions. *Food Chemistry*, 240: 559-566.
- Mohammadi, M., Kazemi, H., 2002. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. *Plant Science*, 162(4): 491-498.
- Nakajima, J.I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., Saito, K., 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *BioMed Research International*, (5): 241-247.
- Nehru, B., Bhalla, P., 2006. Aluminium-induced imbalance in oxidant and antioxidant determinants in brain regions of female rats: protection by centrophenoxine. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 16(1): 21-25.
- Park, H.J., 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 10(8): 254-260.
- Pellegrini, L., Rohfritsch, O., Fritig, B., Legrand, M., 1994. Phenylalanine ammonia-lyase in tobacco (molecular cloning and gene expression during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus and the response to a fungal elicitor). *Plant Physiology*, 106(3): 877-886.
- Petersen, K., Nielsen, P.V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M.B., Nilsson, N.H., Mortensen, G., 1999. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2): 52-68.
- Popović, B.M., Štajner, D., Slavko, K., Sandra, B., 2012. Antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) comparison between permanganate reducing antioxidant capacity and other antioxidant methods. *Food Chemistry*, 134(2): 734-741.
- Qin, G.Z., Tian, S.P., Xu, Y., Wan, Y.K., 2003. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62(3): 147-154.
- Qin, G.Z., Tian, S.P., Xu, Y., Wan, Y.K., 2003. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62(3): 147-154.
- Remón, S., Ferrer, A., López-Buesa, P., Oria, R., 2004. Atmosphere composition effects on Burlat cherry colour during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(2): 140-146.
- Remón, S., Venturini, M.E., Lopez-Buesa, P., Oria, R., 2003. Burlat cherry quality after long range transport: optimisation of packaging conditions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4(4): 425-434.
- Ren, J., Chen, P., Dai, S.J., Li, P., Li, Q., Ji, K., Leng, P., 2011. Role of abscisic acid and ethylene in sweet cherry fruit maturation: molecular aspects. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 39(3): 161-174.

- Rojas-Argudo, C., Pérez-Gago, M.B., Del Río, M.A. 2005. Postharvest quality of coated cherries cv. 'Burlat' as affected by coating composition and solids content. *Food Science and Technology International*, 11(6): 417-424.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., 2003. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 29(1): 73-80.
- Sabır, F.K., Açar, İ.T., 2008. Farklı özelliklere sahip modifiye atmosfer poşetlerde muhafazasının 0900 ziraat çeşidinde muhafaza süresi ve kalite üzerine etkileri. *Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 8-11 Ekim, Antalya, s. 44-51.
- Šamec, D., Piljac-Žegarac, J., 2011. Postharvest stability of antioxidant compounds in hawthorn and cornelian cherries at room and refrigerator temperatures-Comparison with blackberries, white and red grapes. *Scientia Horticulturae*, 131: 15-21.
- Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 60(2): 136-142.
- Sekse, L., 1993. Respiration and storage potential in Norwegian-grown sweet cherries. *II International Cherry Symposium*, 4 December, Norveç, s. 357-362.
- Serrano, M., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., & Valero, D., 2009. Maturity stage at harvest determines the fruit quality and antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(8): 3240-3246.
- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., 2005a. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7): 2741-2745.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Valero, D., 2005b. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(1): 115-123.
- Shui, G., Leong, L.P., 2006. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry*, 97(2): 277-284.
- Slinkard, K., Singleton, V.L., 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1): 49-55.
- Spotts, R.A., Cervantes, L.A., Facteau, T.J. 2002. Integrated control of brown rot of sweet cherry fruit with a preharvest fungicide, a postharvest yeast, modified atmosphere packaging, and cold storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3): 251-257.
- Valero, D., Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Serrano, M., 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10): 5483-5489.
- Vareed, S.K., Reddy, M.K., Schutzki, R.E., Nair, M.G., 2006. Anthocyanins in *Cornus alternifolia*, *Cornus controversa*, *Cornus kousa* and *Cornus florida* fruits with health benefits. *Life Sciences*, 78(7): 777-784.
- Venturini, M.E., Oria, R., Blanco, D., 2002. Microflora of two varieties of sweet cherries: Burlat and Sweetheart. *Food Microbiology*, 19(1): 15-21.

- Vinson, J.A., Su, X., Zubik, L., Bose, P., 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11): 5315-5321.
- Wani, A.A., Singh, P., Gul, K., Wani, M.H., Langowski, H.C., 2014. Sweet cherry (*Prunus avium* L): Critical factors affecting the composition and shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(1): 86-99.
- Wilcock, A., Pun, M., Khanona, J., Aung, M., 2004. Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2): 56-66.
- Yao, H., Tian, S., 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3): 253-262.
- Youngjae, S., RuiHai, L., Jacqueline, F., Nockc, D.H., Christopher, B.W., 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45(3): 349-357.

Atıf Şekli

İşlek, F., Çakır, A., 2025. 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Hasat Sonrası Salisilik Asit ve Kitosan Uygulamalarının Depolama Performansı ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1): 234-245.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14784858>

To Cite

İşlek, F., Çakır, A., 2025. Effects of Postharvest Salicylic Acid and Chitosan Applications on Storage Performance and Fruit Quality in 0900 Ziraat Cherry Cultivar. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 234-245.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14784858>



Evaluation of Tolerance of Trans Chromosomal Primary Tritipyrum Lines to NaCl Salinity for Germination and Seedling Emergence

Gülizar PINAR ^{1*}, Khalid Mahmood KHAVAR ¹, Hossein Shahsavand HASSANI ²

Ayten SALANTUR ³, Cuma KARAOĞLU ³, Mine ERTEM ¹

¹ Ankara University, Institute of Science, Department of Field Crops, Ankara

² Shiraz University, Faculty of Agriculture, Shiraz, Fars Province, Iran

³ Field Crops Central Research Institute Directorate, Ankara

*Corresponding author: gpinar@ankara.edu.tr

Abstract

Cell death, oxidative stress and nutrient deficiency are the major stress factors induced by soil salinity and are a source of crop and forest plant losses. By mid of 21st century, 50% of arable lands are expected to be affected, by salinity induced losses costing a loss of > \$12 billion annually. The development of salt-tolerant plants such as Tritipyrum (a hybrid between *Triticum durum* and *Thinopyrum besarabicum*) could be used to alleviate the problem. It has a high grain yield potential and high salt tolerance. This plant species may become an important source of natural transchromosomal gene transformation and recommended for cultivation on saline soils. The germination and seedling emergence percentage of the primary Tritipyrum line were checked under 24 dS m⁻² induced salt stress to determine their salt tolerance. The results showed that all segregating lines could germinate with 85% at EC=24 dS m⁻². The data was retrieved on seedling length and seed morphology in of TCPT F1 segregating lines. The results support the idea of creating resistant varieties against salinity stress in future wheat breeding programs for inducing salt tolerance.

Research Article

Article History

Received :01.10.2024
Accepted :25.11.2024

Keywords

Tritipyrum
salinity
chromosome
karyotype
breeding

1. Introduction

Climate conditions are gradually increasing stress on present food production systems. Soil salinity is an important environmental abiotic stress factor that has negative effects on crop and forest plants' production leading to imbalances in cellular homeostasis, cell death, leading to oxidative stress, nutrient deficiency, retarding growth and cell death.

Currently, about 10% of the arable lands are salt-affected and about 50% of arable lands are liable to salinity by the mid of the 21st century. This will cause a loss of about US\$12 billion per annual in the agricultural sector. A careful estimate has predicted to increase in the world population by 9.2 billions in 2050, which clearly indicate the need to develop new strategies to stop these developments (Arsenovic, 2024). Therefore new innovations should be integrated into plant breeding programs to decrease yield loss per unit area. Interspecific hybrids can contribute to improving crop performance (Llewellyn, 2018). Triticale, and tritordeum are important interspecific crosses in cereals. Tritipyrum is new synthetic amphidiploid cross that could be used as alternative new wheat and has been developed in last 30 years.

This interspecific hybrid, is highly salt and drought tolerant developed after crossing *Triticum durum* ($2n=4x=28$, AABB) as mother parent and salty coastal grass *Thinopyrum bessarabicum* ($2n=2x=14$, EbEb) as father parent. The superiority of interspecific hybrid is attributed to the induction of hybrid vigor and is expressed as higher salt and drought resistance (Koemel et al., 2004; Hassani et al., 2006; Farokhzadeh et al., 2022). *Thinopyrum bessarabicum* which is considered tolerant to 250-350 mM NaCl. The Tritipyrum ($2n=6x=42$, AABBEbEb) can be used to introduce salt and drought-tolerant traits in high-yielding wheat varieties.

The genome of *Thinopyrum* is closely related to the ABD genome of wheat *Triticum aestivum* L. and harbors genes that confer beneficial traits such as high yield, disease resistance and unique end-use quality to wheat. This can reduce the use of excessive inputs and

mechanization that can negatively affect sustainable agricultural developments (Kamyab et al., 2018; Shanazari et al., 2018). This interspecific hybrid will form a gorgeous area of study for researchers.

The experiments show a relative success of the crop plant in Turkey. The global area of interspecific wheat hybrid Tritipyrum is expected to increase, with the passage of time in a competitive way. This study builds a new knowledge base and covers seed germination technologies using trans chromosomal Tritipyrum. Germination percentage is crucial for understanding plant adaptation to saline conditions, especially in determining the correct amount of seeds used in field trials. It helps prevent waste and ensures optimum results. Environmental factors such as temperature, humidity and salinity level also affect seed germination percentage in saline areas. A study examining the effects of different levels of salinity stress on the germination of non-Iranian Tritipyrum lines and wheat varieties revealed that with increasing salinity levels, germination percentages, root length, shoot length, dry and fresh root weight and shoot dry weight decreased. The Az/b line showed the highest germination percentage under stressed and non-stressed conditions. The simplest and hybrid lines of the plant showed salinity tolerance at the germination stage, with selected lines being better suited for further studies (Pirsalami et al., 2021).

The study had a goal to germinate new primary trans chromosomal hybrid cereal 8 Tritipyrum and 6 *Thinopyrum bessarabicum* lines. This study aimed to evaluate the germination and seedling emergence percentages regulated by NaCl (24 dS m^{-2}) to ascertain the resistance level of salt resistance of some primary Tritipyrum lines.

2. Materials and Methods

Six *Thinopyrum bessarabicum* lines namely (i) Az/b = Azizih, (ii) Cr/b = Creso/, (iii) Ka/b = Karim/, (iv) La/b =Langdon/, (v) Ma/b = Mancoun/, (vi) St/b =Stewart (6 lines) and eight Trans Chromosomal Tritipyrum lines

(PTCT namely (a) Ka/b × Cr/b -2, (b)3, (c)5, (d) 6, (4 lines) (e) La 4B/4D×/b, (f)Ma/b× Cr/b -3 (g) 4 (2 lines, and (h) St/b × Cr/b -4 [8 lines] were used in the study. These were obtained from Associate Professor Dr. Hossein Shahsavand Hassani of the Department of Agronomy at Shiraz University Iran.

The Primary Trans Chromosomal Tritipyrum (PTCT) genotypes were obtained by crossing with *Triticum durum* (2n=4x=28, AABB) varieties. The study was carried out at the Department of Field Crops Ankara University and the Department of Biotechnology of Central Field Crops Research Institute (FCCRI). The seed samples used in the study; were tested against salinity level of EC=0-24 dS m⁻² (Figure 1). The evaluation included measurement of the number of germinated seeds over a period of 3 weeks. To assess the level of salinity tolerance, 100 seeds per genotype (Table 1) were used. These were equally subdivided into 5 subsets containing 20 seeds each in a replication. The seeds belonging to each genotype were disinfected with 5% sodium hypochlorite (NaOCl) for 15 min using a magnetic stirrer. Following this step, each seed sample was individually rinsed 3 min × 5 times in tap water. Each set of 100 disinfected seeds (replication) was placed on filter papers in 20 × 10 × 10 cm germination boxes and set up in five replicates. They were screened against salt tolerance levels of EC= 24 dS m⁻² (NaCl) for each genotype, over 21 days at 25±1°C. The amounts of NaCl salts were determined according to Munns and James (2003).

2.1. Preparation of Samples

The seeds of each genotype were sandwiched in two layers of filter papers and kept in a zip-lock polythene bag for incubation at 20 °C for 21 days.

The EC values of each germination container were checked every 3 to 4 days using an EC meter (Mettler Toledo) and germinated seeds were counted over a 3 weeks period (Figure 1).

2.2. Statistical analysis

A randomized complete block design (RCBD) was used to evaluate 6 *Thinopyrum bessarabicum* and 8 primary Tritipyrum (AABBEbEb, 2n=6x=42) lines. The germination test values were analyzed using IBM SPSS 27 for Windows 27 using a one-factor randomly complete design. Germination percentage means were subjected to arcsine transformation before statistical analysis. The means were compared using Duncans Multiple Range test.

3. Results and Discussion

The study screened 8 Tritipyrum genotypes using salt stress of EC=24 dS m⁻² the first time. The results were compared with the germination percentage of *Thinopyrum bessarabicum* used as father. The results are shown in Table 1 and 2. The results show improvement in the salt tolerance behavior of hybrid lines. Analysis of variance (ANOVA) showed significant differences among the lines. The factor analysis results revealed five factors explaining almost 89% of the total variance. The results indicated that the number of grains per ear and harvest index can be used during selection (Farokhzadeh et al., 2023).

Tritipyrum, obtained from large hybrids of *Triticum* and *Thinopyrum*, exhibited high salt tolerance in agreement with Yuan and Tomita, (2015). The results are very encouraging and show successful improvement in the salt tolerance behavior of Tritipyrum genotypes. Mean comparisons of germination percentages (%) and number of germinated seeds of genotypes are shown in (Table 2). The results showed a germination range of 69.63±1.01 to 92.26±1.14% for *Thinopyrum besarabicum* seeds (Table 1). Whereas an improvement in maximum and minimum seed germination percentage was noted on seeds of primary Tritipyrum genotypes. The minimum germination (85.16±1.37%) was indicated on La (4B/4D ×/b). A maximum germination of 91.22±1.09 was noted on Ka/b×Cr/b-5 for primary Tritipyrum seeds (Table 2).



Figure 1. Effects of different EC percentages on germination and seedling development in PTCT genotype

Table 1. Germination percentage of 8 *Thinopyrum bessarabicum* lines used in the study which were subjected to germination studies

Serial Number of Genotypes	<i>Thinopyrum</i> <i>bessarabicum</i> lines	Gene Bank Code in Iran		No of seeds per replication in a treatment of 100×5 seeds (control treatment)	Germination percentage (%)
		QR codes	Temporary codes		
1	Az/b = Azizih	61526	01-13364	100.00±0.00	69.63±1.01E
2	Cr/b = Creso/	61527	01-13365	100.00±0.00	85.54±1.09B
3	Ka/b = Karim/	61528	01-13366	100.00±0.00	81.34±1.02D
4	La/b =Langdon/	61533	01-13371	100.00±0.00	83.12±1.15C
5	Ma/b = Mancoun/	61535	01-13373	100.00±0.00	92.26±1.14 A
6	St/b =Stewart /	61538	01-13376	100.00±0.00	81.38±1.13D

±standard error

*All values shown in a single column shown by different capital letters are statistically different using Duncan's Multiple Range Test (using $\alpha=5\%$).

Table 2. Germination percentage of 8 *Tritipyrum* lines used in the study which were subjected to germination studies

Serial No.	<i>Tritipyrum</i> lines	Gene Bank Code in Iran		No of seeds per replication in a treatment of 100×5 seeds (control treatment)	Germination percentage
		QR code	Temporary code		
1	(Ka/b ×(Cr/b -2	61529	01-13367	100.00±0.00	85.28±1.37D
2	(Ka/b ×(Cr/b -3	61530	01-13368	100.00±0.00	85.32±1.28D
3	(Ka/b ×(Cr/b -5	61531	01-13369	100.00±0.00	91.22±1.09A
4	(Ka/b ×(Cr/b -6	61532	01-13370	100.00±0.00	85.19±1.16C
5	La(4B/4D ×/b	61534	01-13372	100.00±0.00	85.16±1.37C
6	(Ma/b ×(Cr/b -3	61536	01-13374	100.00±0.00	91.14±1.48A
7	(Ma/b ×(Cr/b -4	61537	01-13375	100.00±0.00	88.15±1.59B
8	(St/b ×(Cr/b -4	61539	01-13377	100.00±0.00	89.55±1.25B

±standard error

*All values shown in a single column shown by different capital letters are statistically different using Duncan's Multiple Range Test (using $\alpha=5\%$).

4. Conclusion

Tritipyrum is an amphidiploid cross between *Triticum durum* and *Thinopyrum bessarabicum*, which is a novel salinity

tolerant cereal. Tritipyrum is a future crop that is comparable to currently used wheat varieties in terms of yield and increased tolerance against salinity. There is a need to study this

plant on molecular, cellular and whole plant level. Detailed studies are needed to understand the functions of this plant through genomic, transcriptomic, proteomic and metabolomic techniques. The results of the study confirm that the reported Tritipyrum lines have a reasonable biomass and grain yield potential, for growing in areas with soil and water salinity issues. The experimental results indicate further experiments are needed to evaluate the potential of Tritipyrum amphidiploids in industry and its use as human food and animal feed.

Declaration of Author Contributions

The authors declare that they contributed equally to the article, GP, SS and KMK have seen/read and approved the final version ready for publication. Author GP, SS and KMK MF conducted the statistical analysis, GP and MF have checked the final pre-publication version of the article.

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 the TUBITAK 2020 121CO36 project supported by the Marie Curie Fellowship Program (2021-2023) in collaboration with the Turkish Field Crops Central Research Institute and Ankara University.

Acknowledgment

This study is derived from the first author's doctoral thesis.

References

Arsenovic, D., 2024. Population of the World. In: Central Europe: Legal and Family Policy Response. Central European Academic Publishing, pp. 23-46.

- Farokhzadeh, S., Hassani, H. S., Mohammadi-Nejad, G., Zinati, Z. 2022. Evaluation of grain yield stability of Tritipyrum as a novel cereal in comparison with triticale lines and bread wheat varieties through univariate and multivariate parametric methods. *PLoS one*, 17(9): e0274588.
- Farokhzadeh, S., Hassani, H.S., Tahmasebi, S., Zinati, Z., Mobasseripour, E.S., 2023. Exploring agronomic traits and breeding prospects of primary tritipyrum and triticale lines to increase grain yield potential. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(03): 355-365.
- Hassani, H.S., Reader, S.M., Miller, T.E., 2006. Agronomical and adaptation characters of Tritipyrum lines in comparison with triticale and Iranian wheat. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(3): 553-558.
- Kamyab, M., Kafi, M., Hassani, H.S., Goldani, M., Shokouhifar, F., 2018. Tritipyrum ('*Triticum durum* x *Thinopyrum bessarabicum*') might be able to provide an economic and stable solution against the soil salinity problem. *Australian Journal of Crop Science*, 12(7): 1159-1168.
- Koemel, J.E., Guenzi Jr, A.C., Carver, B.F., Payton, M.E., Morgan, G.H., Smith, E.L. 2004. Hybrid and pureline hard winter wheat yield and stability. *Crop science*, 44(1): 107-113.
- Llewellyn, D., 2018. Does global agriculture need another green revolution? *Engineering*, 4(4): 449-451.
- Munns, R., James, R.A., 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253: 201-218.
- Pirsalami, Z., Masoumiasl, A., Dehdari, M. 2021. Comparison of salinity tolerance in non-Iranian primary tritipyrum promising lines with two wheat cultivars in germination stage. *Iranian Journal of Seed Research*, 7(2): 19-32.

- Shanazari, M., Golkar, P., Mirmohammady Maibody, A.M., 2018. Effects of drought stress on some agronomic and bio-physiological traits of *Triticum aestivum*, Triticale, and Tritipyrum genotypes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(14): 2005-2018.
- Yuan, W.Y., Tomita, M. 2015. *Thinopyrum ponticum* chromatin-integ percentaged wheat genome shows salt-tolerance at germination stage. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(3): 4512-4517.

To Cite

Pınar, G., Khavar, K.M., Hassani, H.S., Salantur, A., Karaoğlu, C., Ertem, M., 2025. Evaluation of Tolerance of Trans Chromosomal Primary Tritipyrum Lines to NaCl Salinity for Germination and Seedling Emergence. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 246-251.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14785200>.



Ortakların Kooperatifçilik Bilgi Düzeyi ve Kooperatif-Ortak İlişkilerinin İncelenmesi: Edirne İli Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ve Sulama Kooperatifi Örneği

Osman Doğan BULUT ^{1*}

¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Iğdır

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

Özet

Tarımsal kooperatifler, tarım sektöründe önemli bir rol oynayan ve ortaklarına birçok avantaj sunan örgütsel yapılardır. Tarım sektörünün kalkınması ve özellikle küçük üreticilerin varlığını sürdürebilmesi açısından tarımsal kooperatifçilik önemli bir konuma sahiptir. Bu çalışmada Edirne ilinde bulunan Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ve Sulama Kooperatifi ortaklarının sosyo-ekonomik özellikleri, örgütlenme bilgi düzeyi ve kooperatif ile ortakları arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kooperatif ortakları ile yüz yüze görüşmeye dayalı 165 anket yapılmıştır. Bulgular; çiftçilerin çoğunlukla orta yaş ve ilköğretim düzeyinde olduğu, kooperatiflere üyelik nedenlerinin ekonomik faydalar (tarımsal desteklerden yararlanma, ürün pazarlama, uygun maliyetle üretim girdisi temini) etrafında şekillendiğini göstermiştir. En önemli sorunlar; bilgi eksikliği, önder çiftçi eksikliği ve üreticiler arası güvensizlik olarak belirlenmiştir. Çözüm önerileri arasında, liyakat sahibi yöneticilerin seçilmesi, güven ortamının sağlanması ve denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi öne çıkmıştır. Bunun yanında, çiftçiler tarafından en çok bilinen kooperatifçilik ilkesi "Gönüllülük ve herkese açıklık" iken, en az bilinen kooperatifçilik ilkesi "Eğitim, öğretim ve bilgilendirme" olduğu saptanmıştır. Türkiye'deki tarımsal kooperatiflerin sürdürülebilirliğini artırmak için eğitim ve bilgilendirme çalışmalarının yoğunlaştırılması son derece önem arz etmektedir. Araştırma bulguları; Türkiye'deki tarımsal kooperatiflerin yapasal ve işlevsel sorunlarını ele alan gelecekteki çalışmalara rehberlik edebilir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :03.11.2024
Kabul Tarihi :20.12.2024

Anahtar Kelimeler

Edirne
tarımsal kooperatifçilik
sosyo-ekonomik özellikler
örgütlenme bilgi düzeyi
kooperatif-ortak ilişkisi

Examining the Level of Knowledge of Partners on Cooperatives and Cooperative-Partner Relations: The Case of Edirne Province Agricultural Development Cooperative and Irrigation Cooperative

Abstract

Agricultural cooperatives are organizational structures that play an important role in the agricultural sector and offer many advantages to their members. Agricultural cooperatives have an important position in terms of the development of the agricultural sector and especially the survival of small producers. This study aims to examine the socio-economic characteristics, organizational knowledge level and the relationship between the cooperative and its members of the Agricultural Development Cooperative and Irrigation Cooperative in Edirne province. For this purpose, 165 surveys based on face-to-face interviews were conducted with cooperative members. The findings show that; the farmers are mostly middle-aged and primary school level, and the reasons for membership in cooperatives are shaped around economic benefits (benefiting from agricultural supports, product marketing, and supply of production input at affordable costs). The most important problems were determined as; lack of information, lack of leading farmers and distrust among producers. Among the solution suggestions, the selection of competent managers, provision of an environment of trust and strengthening of control mechanisms stand out. In addition, while the most widely known cooperative principle by farmers is "Voluntariness and openness to everyone", the least widely known cooperative principle is "Education, training and information". It is extremely important to intensify training and information activities to increase the sustainability of agricultural cooperatives in Turkey. Research findings can guide future studies addressing the structural and functional problems of agricultural cooperatives in Turkey.

Research Article

Article History

Received :03.11.2024
Accepted :20.12.2024

Keywords

Edirne
agricultural cooperatives
socio-economic characteristics
organization knowledge level
cooperative-partner relationship

1. Giriş

Tarımsal üretimin artırılması, kaliteli ürün elde edilmesi ve tarımla uğraşan kesimin yaşam standartlarının yükseltilmesi, etkili bir üretici örgütlenmesinin sağlanmasıyla mümkün olabilmektedir. Türk tarım sektörü, tarımsal ürün çeşitliliği ve işletme yapısının özellikleri nedeniyle, özellikle küçük ölçekli tarım işletmelerinin büyük sanayi firmaları karşısında örgütlenme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki tarım sektörüne bakıldığında, tarımsal ürünlerin pazarlanmasında üretici örgütlerinin önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Bu örgütlenme, tarımsal üreticilere hem pazarlık gücü kazandırmakta hem de ürünlerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Türk tarımında stratejik bir öneme sahip olan hayvancılık sektörünün geliştirilmesi, üreticilerin etkin bir şekilde örgütlenmesi ve bu örgütlerin sürdürülebilir bir şekilde işleyişi ile doğrudan ilişkilidir. Türkiye'deki hayvancılık sektöründe üretici örgütlenmesi; yetiştirici birlikleri, üretici birlikleri, tarımsal amaçlı kooperatifler ve bu yapıların çatısı altında faaliyet gösteren üst kuruluşlardan oluşmaktadır (Karakaya ve Kızıloğlu, 2014; Paksoy ve Bulut, 2020). Bu yapıların etkinliği, yalnızca üreticilerin ekonomik durumunu iyileştirmekle kalmamakta, aynı zamanda tarımsal üretimde kalite ve verimliliği artırarak ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, tarımsal üretici örgütlenmelerinin desteklenmesi ve uluslararası standartlara uygun bir şekilde geliştirilmesi kritik bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarımsal amaçlı kooperatifler çiftçilerin bir araya gelerek ortaklaşa hareket etmelerini sağlayan organizasyon yapısıdır. Kooperatifler; ortaklarının ekonomik, sosyal ve teknik ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Kooperatifleşme ile çiftçiler güçlerini birleştirerek daha geniş pazarlara erişebilmekte, maliyetlerini düşürebilmekte ve bu sayede gelirlerinin artmasını sağlayabilmektedir.

Literatürde tarımsal kooperatifler ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Semerci

(2015) tarımsal kooperatiflerin kırsal kesimin refahını seviyesini iyileştirdiğini, Kılıç ve Aydoğan (2022) tarımsal kooperatiflerin çiftçilerin sosyal refahını artırdığını, Özüdoğru (2010) tarımsal kooperatiflerin çiftçilerin pazarlama gücünü artırdığını, Reyhan ve Satır Reyhan (2017) tarımsal kooperatiflerin sürdürülebilir tarımı desteklediğini ve Köse (2022) tarımsal kooperatiflerin kırsal kalkınmayı olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar tarım sektörün de tarımsal kooperatiflerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kooperatiflerin güçlendirilmesi için yapılacak çalışmalar bizzat kooperatif ortakları ile ilgili olmalıdır. Çünkü kooperatifler bir araya gelen insanların kendi kendilerine yardım etmeleri prensibine göre çalışırlar. Kooperatif ortakları tarımsal uygulamalarda ne kadar güçlü olursa ve kooperatife ne kadar fazla sahip çıkarsa kooperatifler o kadar güçlenecektir. Kooperatif ortaklarından beklenen bu durum ortakların kooperatifçilik bilinç düzeyi ve kooperatiflerine olan bağlılıkları ile paralellik göstermektedir. Bu nedenle ortakların kooperatifçilik bilinç düzeyini ve kooperatif yönetimine katılmadaki etkinliklerinin araştırılıp mevcut durumun ortaya koyulması kooperatif yöneticilerine ve tarım politikaları karar vericilerine yol gösterecektir (Everest, 2015). Güçlü kooperatifleşme, kooperatif bilinci yüksek ortakların kooperatiflerini sahiplendiği, kooperatifteki rolünün ve katılım düzeyinin arttığı ölçüde mümkün olacaktır (Albayram Doğan, 2019). Bu nedenle kooperatif ortaklarının sosyo-ekonomik profili ve örgütlenme bilinç düzeyinin incelenmesi tarımsal kooperatifçiliğin geleceği açısından önem taşımaktadır.

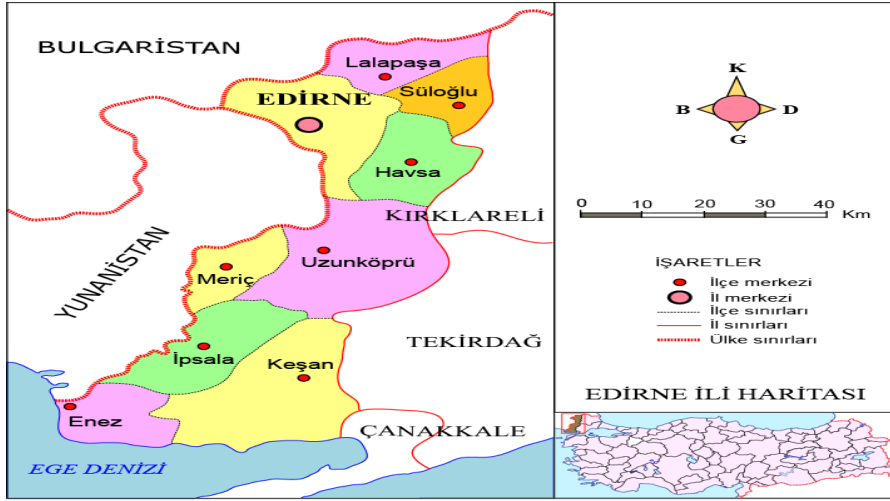
Yapılan bu çalışmada; kooperatif ortağı olan üreticilerle yapılan anket çalışması ile ortakların sosyo-ekonomik özellikleri ve örgütlenme bilgi düzeyini incelemeye imkân kılacak bilgilerin toplanması amaçlanmıştır. Bunun sonucunda ortakların sosyo-ekonomik analizi yapılmış, ortakların kooperatifçilik bilgi düzeyi ortaya konularak ortağı olduğu kooperatife (Tarımsal Kalkınma Kooperatifi

veya Sulama Kooperatifi) göre sonuçlar incelenmiştir. Bu kapsamda sahadan alınan veriler neticesinde sorunlar tespit edilerek Türk kooperatifçiliğinin gelişmesi için öneriler sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olarak Türkiye’de tarımsal üretim ve tarımsal örgütlenmede önemli bir konuma sahip olan Edirne İli seçilmiştir.

Edirne, Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nin Trakya yakasında yer alan bir ildir. İlin nüfusu 419913'tür. Bu nüfusun %78.3'ü şehirlerde yaşamaktadır. İlin yüzölçümü 6145 km²'dir. Merkez ilçeye beraber 9 ilçe, 16 belediye, bu belediyelerde 95 mahalle, ayrıca 253 köy bulunmaktadır (Anonim, 2024). İlin tarım alanı 380.062 ha (Türkiye'nin %1.41'ini oluşturmaktadır) ve çayır- mera ise 81279 ha (Türkiye'nin %0.39'unu oluşturmaktadır) alandan oluşmaktadır (Anonim, 2005).



Şekil 1. Çalışma alanına ait harita

Figure 1. Map of the study area

Edirne İlinde Tarımsal Kalkınma Kooperatifi veya Sulama Kooperatifi ortakları ile 2024 yılında yüz yüze görüşülerek yapılan anket çalışmasından elde edilen orijinal nitelikli veriler çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Anket çalışması 2024 yılı Şubat-Nisan ayları arasında yapılmıştır. Kooperatif ortakları ile yapılan anket çalışması; ortakların sosyo-ekonomik özellikleri, kooperatife ortak olma nedenleri, ortağı olduğu kooperatifler ile ilgili sorunlar, tarımsal örgütlenme ile ilgili sorunlar ve örgütlenme bilgi düzeyinin tespitine yönelik soruları içermektedir. İkincil veri olarak yerli ve yabancı yayınlardan, kamu kurum ve

kuruluşların kayıtları ve istatistikî verilerinden faydalanılmıştır.

2.1. Örneklem yöntemi

Çalışmada hedef kitle Tarımsal Kalkınma Kooperatifi veya Sulama Kooperatifi ortaklarıdır. Çalışma kapsamına alınan kooperatiflerin toplam 29712 ortağı bulunmaktadır. Yamane (2010) tarafından geliştirilmiş Basit Tesadüfi Örneklem Yığın Oran Tahmini Yöntemi kullanılarak %10 hata payı ve örnek hacmini maksimum yapacak şekilde p ile q değerleri 0.5 olarak alınmış olup örneklem büyüklüğü (n) 164.21 olarak hesaplanmıştır.

$$n = \frac{Nxt^2xpxq}{((N-1)xD^2 + t^2xpxq)} \quad (1.1)$$

n= örnek sayısı

N= Küme büyüklüğü (29712)

D= Kabul edilen veya arzu edilen örnekleme hatası (0.1)

t= Tablo değeri (2.57)

p= Hesaplanması istenen oran (0.5)

q= 1-p

yoğunluğu dikkate alınarak oransal dağıtılmıştır. Tablo 1’de yapılan anket çalışmasının ilçelere göre dağılımı gösterilmiştir. Dağılım ilçelerdeki ortak sayısı dikkate alınarak oransal olarak yapılmıştır. Tarımsal kalkınma kooperatifi ortaklarıyla 93 ve Sulama Kooperatifi ortaklarıyla 72 olmak üzere toplam 165 anket yüz yüze yapılmıştır.

Yapılan çalışmada belirlenen örnekleme sayısı kooperatif ortaklarının ilçelere göre

Tablo1. Kooperatiflerin ortak sayıları ve görüşülen çiftçilerin ilçelere göre dağılımı

Table 1. Number of partners of cooperatives and distribution of interviewed farmers by districts

İlçeler	Tarımsal kalkınma kooperatifi		Sulama kooperatifi		Toplam	
	Ortak sayısı (N)	Anket sayısı (n)	Ortak sayısı (N)	Anket sayısı (n)	Ortak sayısı (N)	Anket sayısı (n)
Merkez	1143	6	1204	7	2347	13
Enez	404	2	1347	8	1751	10
Havsa	1242	7	2184	12	3426	19
İpsala	3371	19	3014	17	6385	35
Keşan	3033	17	1470	8	4503	25
Lalapaşa	1404	8	262	1	1666	9
Meriç	2579	14	699	4	3278	18
Süloğlu	922	5	981	5	1903	11
Uzunköprü	2721	15	1732	10	4453	25
Toplam	16.819	93	12.893	72	29.712	165

2.2. Analiz yöntemi

Kooperatif ortakları ile yapılan anket formunda açık uçlu, iki seçenekli ve çok seçenekli sorularla birlikte 5’li Likert tipi sorular kullanılmıştır. Öncelikle üreticinin sosyo-ekonomik özelliğini belirlemeye yönelik yaş, eğitim düzeyi, işletme büyüklüğü, üretim tipi, tarımsal gelir ve tarım dışı gelirin olma durumunu belirlemeye yönelik sorular bulunmaktadır. Daha sonra kooperatif-ortak ilişkisi ve örgütlenme bilgi düzeyini ortaya koymaya yönelik olarak; kooperatife ortak olma nedenleri, tarımsal örgütlenmeye ilişkin sorunlar ile çözüm önerileri, ortağı olunan kooperatifin sorunları ile çözüm önerileri ve kooperatifçilik ilkelerini bilme durumlarını içeren sorular yer almaktadır.

Sosyal bilimler araştırmalarında kullanılan en temel ve popüler ölçekleme yöntemlerinden biri Likert ölçeğidir (Taherdoost, 2019). 5 puanlı Likert ölçek analizi yaygın olarak kullanılır çünkü katılımcılar bu formattaki soruları kolayca cevaplayabilirler (Bulut ve ark., 2022). Çalışmada; Palaz ve Boz (2008) tarafından kullanılmış olan Likert skalası tercih edilmiştir. Bu skalada her bir sorunun likert ortalaması hesaplanmıştır. Ortalamaların değeri için aşağıdaki yorumlama skalası geliştirilmiştir: Ortalama 1.00-1.49 arası = Kesinlikle Katılmıyorum. 1.50-2.49 arası=Katılmıyorum. 2.50-3.49 arası=Orta düzeyde katılıyorum. 3.50-4.49 arası=Katılıyorum ve 4.50-5.00 arası=Kesinlikle Katılıyorum bir skala

kullanılmış olup sonuçlar bu skalaya göre yorumlanmıştır.

5'li Likert tipi sorularda ölçeğin güvenilirliği Cronbach's Alpha katsayısı ile test edilmiştir. Cronbach alfa katsayını yorumlamak oldukça kolaydır. Katsayı 1'e yaklaştıkça ölçekte yer alan maddelerin iç tutarlılığının yüksek olduğu sonucuna ulaşılır. Cronbach alfa katsayısı ölçme alan yazınına Cronbach tarafından tanıtıldığı günden itibaren yaklaşık 64 yıldır sosyal bilimler alanında büyük ilgi görmüş ve en sık kullanılan güvenilirlik belirleme yöntemi haline gelmiştir (Kula Kartal ve Nodr Dirlik, 2016).

Araştırmanın veri seti parametrik testlerin normal dağılım varsayımını karşılanmadığı için Mann-Whitney U testi tercih edilmiştir. Mann-Whitney-U testi genellikle bağımsız örneklem t-testinin alternatifi olarak kullanılan parametrik olmayan bir testtir (Perme ve Menevski, 2019). Mann-Whitney U testi, gruplar arasında gözlemlenen farklılıkların anlamlı olup olmadığını değerlendirir ve sıralama temelinde çalışır. Bu nedenle, sürekli ya da sıralı (ordinal) veriler üzerinde uygulanabilir. Uygulama koşulları; iki bağımsız grup arasında karşılaştırma yapılır, veriler sürekli ölçekte ölçülmelidir ve verilerin dağılımı normal olmak zorunda değildir (McKnight ve Najab, 2010). Gözlenen farklılıkların anlamlılığını belirlemek için kriter olarak 0.05 ve daha düşük P değeri kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çiftçilerin sosyo-ekonomik özellikleri

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre sosyo-ekonomik özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Çiftçilerin cinsiyet, yaş, medeni durum, hanehalkı sayısı, eğitim durumu ve

tarımsal gelir özellikleri ortağı olduğu kooperatiflere göre incelenmiştir. Ortakların %94.5'i erkek ve %92.7'si evlidir. Tarımsal üretimde erkeklerin daha belirleyici bir rol oynaması, geleneksel roller ve cinsiyete dayalı ekonomik fırsat eşitsizlikleri gibi faktörlerden kaynaklı olabilmektedir. Kırsal alanda, kadınların daha çok ev içi işlerde yer alması ve tarımsal üretime katılımlarının sınırlı olması, kooperatiflere üyeliklerini engelleyebilmektedir. Evli çiftçilerin ailevi sorumluluklarının etkisiyle kooperatiflere katılmaları daha yüksek olabilmektedir. Çiftçilerin %63'ü ilköğretim (ilkokul ve ortaokul) seviyesinde eğitime sahiptir. Bu sonuç Türkiye'deki kırsal alanlarda eğitim seviyesinin genellikle düşük olduğunu yansıtmaktadır. Bu sonuç tarımsal kooperatiflerin eğitim faaliyetlerine daha fazla önem vermeleri gerektiğini göstermektedir. Çiftçilerin yaş ortalaması 53.27 olarak tespit edilmesi; çiftçilerin büyük bir kısmının orta yaş ve üzeri olduğunu ve tarımsal üretimde yeniliklerin benimsenmesinin daha zor olacağını göstermektedir. Araştırmada hanehalkı sayısı 3.54 kişi ve tarımsal gelir aylık 29430.35 TL olarak hesaplanmıştır. Tarımsal gelir ortalamasının 29430.35 TL olması, çiftçilerin tarımsal faaliyetlerinden elde ettikleri gelir düzeyinin genelde orta seviyelerde olduğunu göstermektedir. Bu gelir düzeyinin kooperatif üyeliği için bir teşvik unsuru olabileceği, ancak kooperatiflerin çiftçilere sunduğu finansal desteklerin daha fazla olmasının katılımı artırabileceği düşünülmektedir. Akçabey ve Paksoy (2023) yaptıkları çalışmada ortakların ortalama aile birey sayısını 4.85 kişi ve tarımsal üretimden elde ettikleri ortalama geliri 58602 TL olarak hesaplamıştır. Ortakların sosyo-ekonomik özellikleri ortağı oldukları kooperatife göre istatistiksel olarak anlamı bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Tablo 2. Çiftçilerin sosyo-ekonomik özellikleri**Table 2.** Socio-economic characteristics of farmers

Değişken	Kategori	Tarımsal kalınma kooperatifi		Sulama kooperatifi		Genel toplam	
		Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)
Cinsiyet Fisher's exact test; p>0.05	Kadın	5	5.4	4	5.6	9	5.5
	Erkek	88	94.6	68	94.4	156	94.5
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Yaş (Ort.: 53.2Yıl) X ² (2) = 4.959. p>0.05	≤40	10	10.8	10	13.9	20	12.1
	41-59	61	65.6	35	48.6	96	58.2
	60≤	22	23.7	27	37.5	49	29.7
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Medeni durum Fisher's exact test; p>0.05	Evli	89	95.7	64	88.9	153	92.7
	Bekar	4	4.3	8	11.1	12	7.3
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Hane halkı sayısı (Ort.: 3.53 Kişi) X ² (2) = 4.485. p>0.05	≤2	20	21.5	26	36.1	46	27.9
	3-4	48	51.6	32	44.4	80	48.5
	5≤	25	26.9	14	19.4	39	23.6
	Toplam	93	100.0	72	100.0	164	100.0
Eğitim	Okur-yazar	1	1.1	1	1.4	2	1.2
	İlköğretim	60	64.5	44	61.1	104	63.0
	Ortaöğretim	29	31.2	17	23.6	46	27.9
	Üniversite	3	3.2	10	13.9	13	7.9
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Tarımsal gelir (Ortalama: 15001- 29430.35TL) X ² (2) = 2.905. p>0.05	0-15000	31	33.3	32	44.4	63	38.2
	15001- 35000	38	40.9	28	38.9	66	40.0
	35001≤	24	25.8	12	16.7	36	21.8
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre tarım dışı gelir durumu Tablo 3'de gösterilmiştir. Çiftçilerin %23'ü tarım dışı bir işte çalışmakta olup ortağı olunan kooperatife göre anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05). Çiftçilerin %62.4'ü en az bir tarım dışı gelire sahip olup ortalama tarım dışı gelir 8989.66 TL ve ortalama tarım dışı gelir sayısı 0.76 adettir. Ortağı olunan kooperatif ile tarım dışı gelire sahip olma durumu arasında anlamlı bir fark yoktur (p>0.05). Akçabey ve Paksoy

(2023) yaptıkları çalışmada kooperatif ortaklarının %33.3'ünün tarım dışı gelire sahip olduğunu saptanmıştır.

Tarım dışı gelire sahip olan üreticilerin tarım dışı gelir kaynakları incelendiğinde çiftçilerin %61.9'unun emekli maaşı, %20.6'sının maaş, %14.3'ünün ticari gelir ve %3.2'sinin kira gelirene sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 3. Çiftçilerin tarım dışı gelir durumu**Table 3.** Non-agricultural income status of farmers

Değişken	Kategori	Tarımsal kalkınma kooperatifi		Sulama kooperatifi		Genel toplam	
		Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)
Tarım dışı işte çalışma durumu $\chi^2(1) = 0.024, p > 0.05$	Hayır	72	77.4	55	76.4	55	77.0
	Evet	21	22.6	17	23.6	38	23.0
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Tarım dışı gelir* (Ortalama: 8,989.66 TL) $\chi^2(1) = 0.158, p > 0.05$	Yok	36	38.7	26	36.1	62	37.6
	Var	57	61.3	46	63.9	103	62.4
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Tarım dışı gelir kaynağı sayısı (Ortalama: 0.76 Adet)	0	36	38.1	26	36.1	62	37.6
	1	47	50.5	32	44.4	79	47.9
	2≤	10	10.8	14	19.4	24	14.5
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
Sahip olunan tarım dışı gelirler ^a	Maaş	15	22.4	11	18.6.9	26	20.6
	Ticari gelir	9	13.4	9	15.3	18	14.3
	Kira geliri	1	1.5	3	5.1	4	3.2
	Emekli maaşı	42	62.7	36	61.0	78	61.9
	Toplam	67	100.0	46	100.0	126	100.0

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05, ^aÇoklu seçim yapılmıştır

3.2. Çiftçilerin sahip olduğu tarımsal işletmenin özellikleri

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre tarımsal işletme özellikleri Tablo 4'de gösterilmiştir. Çiftçilerin kooperatife ortaklık süresi ortalama 18.48 yıldır. Tarımsal kalkınma kooperatifi ortaklarının ortalama ortaklık süresi 17.45 yıl, sulama kooperatifinin ortalama ortaklık süresi 19.82 yıldır. Ortağı olunan kooperatife göre ortaklık süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). Birchall ve Simmons (2004) ortaklık sürelerinin kooperatif türüne göre farklılık göstermesi, kooperatiflerin çiftçiler üzerindeki etkisinin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyal bağlarla da şekillendiğini

ortaya koyduğunu ifade etmiştir. İşletmede çalışan sayısı 1.71 kişi, toplam arazi varlığı 143.84 da, parsel sayısı 11.30 adet, kullanılan bahçe arazisi 1.84 da, kullanılan tarla arazisi 152.87 da, süt sığırı sayısı 9.95 adet, tarımsal tecrübe 33.99 yıl ve tarımsal gelir aylık 29230.30 TL olarak hesaplanmış olup ortağı olunan kooperatife göre istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktur ($p > 0.05$). İşletme özelliklerinin (işletme büyüklüğü, arazi varlığı, çalışan sayısı ve tarımsal gelir) kooperatif türlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemesi, kooperatiflerin işletme düzeyindeki verimlilik ve üretim yapısı üzerinde beklenen etkinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Çiftçilerin sahip olduğu tarım işletmesinin özellikleri**Table 4.** Characteristics of farmer-owned agricultural business

	Tarımsal kalkınma kooperatifi			Sulama kooperatifi			Toplam		
	n	Ort	Std. Sap	n	Ort	Std. Sap	n	Ort	Std. Sap
Kooperatife ortaklık süresi (Yıl) ** Mann-Whitney U=2737.000; p<0.05	93	17.45	10.49	72	19.82	9.31	165	18.48	10.03
İşletmede Çalışan Sayısı (Kişi) Mann-Whitney u=2829.500; p>0.05	93	1.89	1.31	72	1.48	0.55	165	1.71	1.06
Toplam Arazi Varlığı (Da) Mann-Whitney U=3246.500; p>0.05	93	139.14	134.03	72	149.93	193.31	165	143.84	162.13
Parsel Sayısı (Adet) Mann-Whitney U=3042.500; p>0.05	93	11.65	11.81	72	10.86	13.06	165	11.30	12.34
Kullanılan Arazi Bahçe (Da) Mann-Whitney u=3292.500; p>0.05	93	1.54	5.72	72	2.22	10.18	165	1.84	7.96
Kullanılan Arazi Tarla (Da) Mann-Whitney U=3124.000; p>0.05	93	152.76	140.40	72	153.028	195.29	165	152.87	166.04
Süt Sığırtı Sayısı (Adet) Mann-Whitney u=3092.000; p>0.05	93	11.32	18.79	72	8.18	12.40	165	9.95	16.34
Tarımsal Tecrübe (Yıl) Mann-Whitney 2972.000; p>0.05	93	32.83	11.71	72	35.48	12.85	165	33.99	12.26
Tarımsal Gelir (TL/Ay) Mann-Whitney U=2948.500; p>0.05	93	29150.53	23134.27	72	29791.66	32920.70	165	29430.30	27740.35

Tarımsal kalkınma kooperatif ortağı çiftçilerin diğer kooperatiflere ortak olma durumları Tablo 5’de gösterilmiştir. Çiftçilerin %53.67’si yalnızca tarımsal kalkınma

kooperatife ortak, %30.10’u aynı zamanda Tarım Kredi Kooperatifine ve %16.12’si aynı zamanda Sulama Kooperatifine ortaktır.

Tablo 5. Tarımsal kalkınma kooperatif ortaklarının diğer kooperatiflere ortak olma durumları**Table 5.** Agricultural development cooperative partners' partnership status in other cooperatives

	Tarımsal kalkınma kooperatifi*		Sulama kooperatifi		Tarım kredi kooperatifi		Toplam	
	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)
Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	50	53.76	15	16.12	28	30.10	93	100.0

*Yalnızca tarımsal kalkınma kooperatifi ortakları

Sulama Kooperatifi ortağı çiftçilerin diğer kooperatiflere ortak olma durumları Tablo 6’de gösterilmiştir. Sulama Kooperatifi ortağı çiftçilerin %70.83’ü yalnızca Sulama

Kooperatifine, %23.61’i aynı zamanda Tarım Kredi Kooperatifine ve %5.55’i aynı zamanda Tarımsal Kalkınma Kooperatifine ortaktır.

Tablo 6. Sulama kooperatif ortaklarının diğer kooperatiflere ortak olma durumları**Table 6.** Participation status of irrigation cooperative partners in other cooperatives

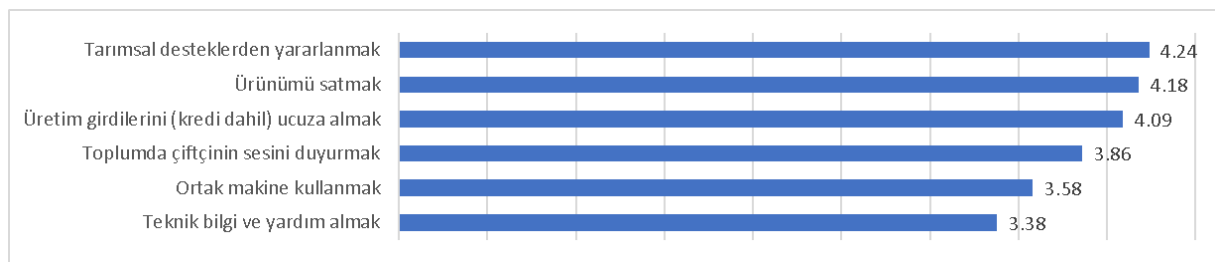
	Sulama kooperatifi		Tarımsal kalkınma kooperatifi		Tarım kredi kooperatifi		Toplam	
	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)
Sulama kooperatifi	51	70.83	4	5.55	17	23.61	72	100.0

*Yalnızca sulama kooperatifi ortakları

3.3. Çiftçilerin kooperatife ortak olma nedenleri

Çiftçilerin kooperatiflere ortak olma motivasyonlarına ilişkin değerlendirmeler Şekil 1'de sunulmuş olup, yüksek katılım düzeyinde (3.50-4.49 puan) yer alan faktörler sırasıyla "Tarımsal desteklerden yararlanmak" (4.24 puan), "Ürünlerin pazarlanması" (4.18 puan), "Üretim girdilerinin uygun maliyetle temini (kredi dahil)" (4.09 puan), "Ortak makine kullanımı" (4.09 puan) ve "Toplumda çiftçinin sesini duyurmak" (3.86 puan) şeklinde belirlenmiştir. Orta düzey katılım (2.50-3.49 puan) kapsamında ise "Teknik bilgi ve yardım temini" (3.38 puan) öne çıkmıştır. Bu bulgular; çiftçilerin kooperatiflere katılım motivasyonlarının ekonomik fayda ve toplumsal etki gibi unsurlar etrafında şekillendiğini göstermektedir. Çiftçilerin kooperatiflere katılım nedenleri üzerine yapılan bu analiz, literatürdeki benzer

çalışmalarla uyum göstermektedir. Özellikle ekonomik faydaların motivasyon kaynağı olarak öne çıkması, birçok araştırmada tarım kooperatiflerinin çiftçiler için maliyet avantajları sağladığına ve pazar erişimlerini kolaylaştırdığına işaret eden bulgularla örtüşmektedir (Birchall, 2004; Valentinov, 2007). Çiftçilerin "Tarımsal desteklerden yararlanmak" ve "Üretim girdilerini uygun maliyetle temin etmek" gibi ekonomik odaklı motivasyonlarının yüksek puan alması, kooperatiflerin ekonomik dayanışma ve finansal sürdürülebilirlik açısından önemli bir araç olduğuna dair görüşleri desteklemektedir. Bununla birlikte; "Ürünlerin pazarlanması" ve "Toplumda çiftçinin sesini duyurmak" gibi nedenlerin de dikkate değer bulunması, kooperatiflerin sadece ekonomik değil aynı zamanda sosyal bir misyon taşıdığına dair literatürde belirtilen yaklaşımlarla paralellik göstermektedir (Münkner, 2012).



Şekil 2. Çiftçilerin kooperatife ortak olma nedenleri

Figure 2. Reasons for farmers to become partners in the cooperative

Çiftçilerin kooperatiflere ortak olma nedenleri ortak oldukları kooperatif türlerine göre Tablo 7'de verilmiştir. "Ürün satmak" ($p < 0.01$) ve "Üretim girdilerini (kredi dahil) daha uygun fiyatla temin etmek" ($p < 0.05$) nedenleri çiftçilerin ortak oldukları kooperatif türlerine göre anlamlı farklılık göstermiştir. Bu

bağlamda; Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ortaklarının bu nedenlere daha fazla katılım sağladığı belirlenmiştir. Diğer kooperatif üyelik nedenleri ile kooperatif türleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 7. Ortağı olunan kooperatife göre çiftçilerin kooperatife ortak olma nedenleri**Table 7.** Reasons for farmers to become partners in the cooperative according to the cooperative of which they are partners

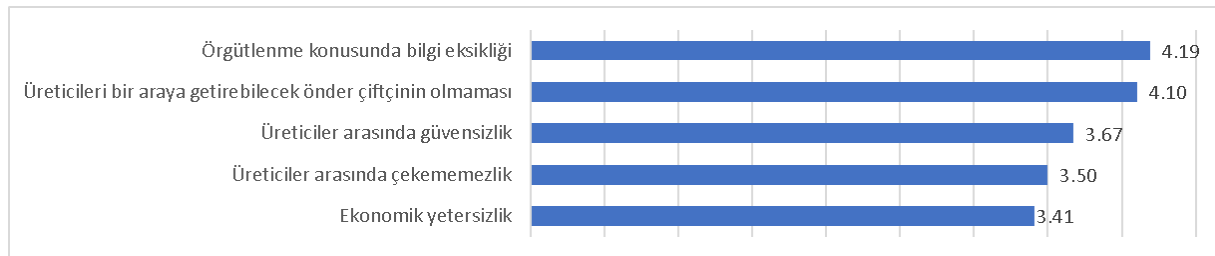
Nedenler	Kooperatif	Ortalama	Mann-Whitney U test	p değeri
Tarımsal desteklerden yararlanmak	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.269	3194.000	0.572
	Sulama Kooperatifi	4.222		
Ürün satmak*	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.462	2296.000	0.000
	Sulama Kooperatifi	3.819		
Üretim girdilerini (kredi dahil) ucuza almak**	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.387	2639.000	0.011
	Sulama Kooperatifi	3.708		
Toplumda çiftçinin sesini duyurmak	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.989	2881.000	0.108
	Sulama Kooperatifi	3.708		
Ortak makine kullanmak	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.677	3106.000	0.410
	Sulama Kooperatifi	3.472		
Teknik bilgi ve yardım almak	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.419	3271.000	0.795
	Sulama Kooperatifi	3.347		

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05

3.4. Tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlar

Çiftçilerin tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlara yönelik puanlaması Şekil 2’de gösterilmiştir. Tarımsal örgütlenmeye ilişkin sorunlar içerisinde ilk sırada “Örgütlenme konusunda bilgi eksikliği” (4.19 puan) gelmektedir. Güreşçi ve Gönç (2017) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de kooperatifçiliğin temel sorununun eğitim olduğunu ve kooperatif kavramının ilkökul çağlarındaki çocuklara çeşitli eğitici ve görsel materyallerle gösterilmesi, tanıtılması ile başlanıp bu kullanımın örgün eğitim kurumlarında da yaygınlaşması ile benimsetilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. İkinci sırada “Üreticileri bir araya getirebilecek önder çiftçinin olmaması” (4.10 puan) gelmektedir. Yantur ve Sağlık (2022)

Türkiye’deki kooperatiflerde ortak iş yapma kültürünün yeterince gelişmediğini ve toplumsal olarak ortak iş yapma kültürünün yetersizliğinin, kooperatiflerin başarısını olumsuz etkileyen faktörlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Üçüncü sırada “Üreticiler arası güvensizlik” (3.67 puan) gelmektedir. Çiftçiler ortak fayda elde edebilmek için kooperatif kurmaktadır. Ortak fayda için işbirliği yaparlar ve bu işbirliğinin başarılmasındaki temel unsur ortaklar arasında güvenin sağlanmasıdır. Bilgin vd. (2016) yaptıkları çalışmada, ortakların elde ettiği performansta yöneticilerine olan güvenin etkisinin daha önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Diğer sorunlar ise “Üreticiler arası çekememezlik” (3.50 puan) ve “Ekonomik yetersizlik” (3.41 puan) olarak saptanmıştır.

**Şekil 3.** Tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlar**Figure 3.** Problems with agricultural organization

Çiftçilerin ortağı olunan kooperatife göre tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlara katılım durumları Tablo 8’de gösterilmiştir. Tarımsal örgütlenmeye ilişkin sorunlar ile ortağı olunan kooperatif arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Tarımsal Kalkınma Kooperatif ortaklarının en çok

katıldıkları sorun “Örgütlenme konusunda bilgi eksikliği” (4.22 puan) olup Sulama Kooperatifi ortaklarının en çok katıldıkları sorun ise “Üreticileri bir araya getirebilecek önder çiftçinin olmaması” (4.18 puan) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8. Ortağı olunan kooperatife göre tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlar

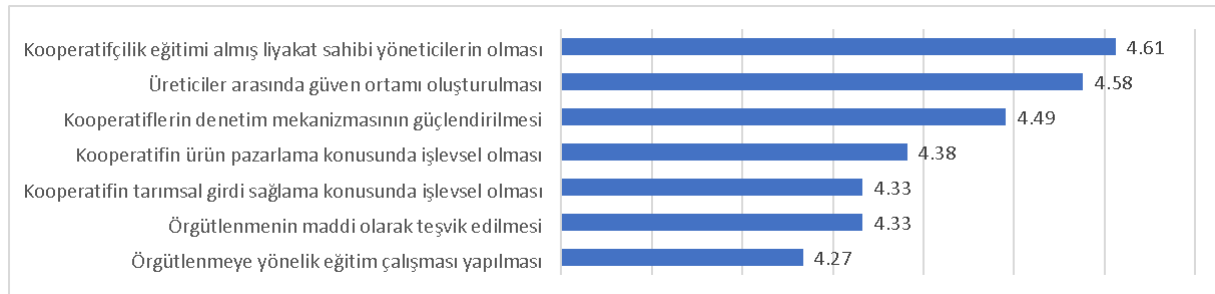
Table 8. Problems related to agricultural organization according to the cooperative of which you are a partner

Sorunlar	Kooperatif	Ortalama	Mann-Whitney U test	P değeri
Örgütlenme konusunda bilgi eksikliği	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.226	3183.000	0.551
	Sulama Kooperatifi	4.153		
Üreticiler arasında güvensizlik	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.699	3184.000	0.577
	Sulama Kooperatifi	3.639		
Üreticiler arasında çekememezlik	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.559	3125.000	0.450
	Sulama Kooperatifi	3.417		
Ekonomik yetersizlik	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.344	3075.500	0.356
	Sulama Kooperatifi	3.500		
Üreticileri bir araya getirebilecek önder çiftçinin olmaması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.043	3084.500	0.354
	Sulama Kooperatifi	4.181		

3.5. Tarımsal örgütlenmeye ilişkin sorunlara karşı çözüm önerileri

Çiftçilerin tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlara yönelik çözüm önerilerinin puanlaması Şekil 4’de gösterilmiştir. Çiftçilerin kesinlikle katıldığı (4.50-5.00 puan arası) çözüm önerileri “Kooperatifçilik eğitimi almış liyakat sahibi yöneticilerin olması” (4.61 puan) ve “Üreticiler arasında güven ortamı oluşturulması” (4.58 puan) olduğu

belirlemiştir. Çiftçilerin katıldığı (3.50-4.49 puan arası) çözüm önerileri “Kooperatiflerin denetim mekanizmasının güçlendirilmesi” (4.49 puan), “Kooperatifin ürün pazarlama konusunda işlevsel olması” (4.38 puan), “Kooperatifin tarımsal girdi sağlama konusunda işlevsel olması” (4.33 puan), “Örgütlenmenin maddi olarak teşvik edilmesi” (4.33 puan) ve “Örgütlenmeye yönelik eğitim çalışması yapılması” (4.38 puan) olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. Tarımsal örgütlenme sorunlarına karşı çözüm önerileri

Figure 4. Solution suggestions for agricultural organization problems

Çiftçilerin ortağı olunan kooperatife göre tarımsal örgütlenmeyle ilgili çözüm önerilerine katılım durumları Tablo 9’da gösterilmiştir. Tarımsal örgütlenme sorunlarına karşı çözüm önerileri ile ortağı olunan kooperatif arasında anlamlı bir ilişkinin

olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Her iki kooperatif ortaklarının da en çok katıldıkları çözüm önerisi “Kooperatifçilik eğitimi almış liyakat sahibi yöneticilerin olması” (4.62 puan ve 4.59) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9. Ortağı olunan kooperatife göre tarımsal örgütlenme sorunlarına karşı çözüm önerileri

Table 9. Solution suggestions against agricultural organization problems according to the cooperative of which we are a partner

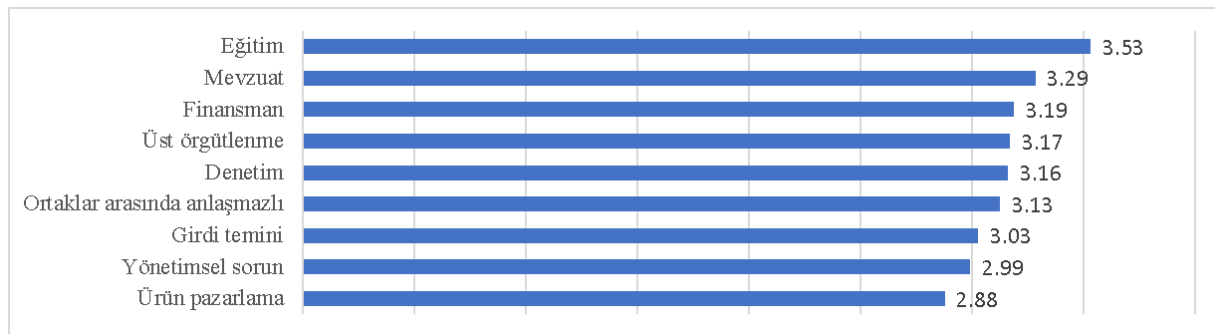
Önerme	Kooperatif	Ortalama	Mann-Whitney U test	P değeri
Örgütlenmeye yönelik eğitim çalışması yapılması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.204	3066.500	0.307
	Sulama Kooperatifi	4.347		
Örgütlenmenin maddi olarak teşvik edilmesi	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.333	3162.000	0.494
	Sulama Kooperatifi	4.333		
Kooperatiflerin denetim mekanizmasının güçlendirilmesi	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.495	3170.500	0.502
	Sulama Kooperatifi	4.486		
Üreticiler arasında güven ortamı oluşturulması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.602	3054.000	0.247
	Sulama Kooperatifi	4.542		
Kooperatifçilik eğitimi almış liyakat sahibi yöneticilerin olması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.624	3337.500	0.964
	Sulama Kooperatifi	4.597		
Kooperatifin ürün pazarlama konusunda işlevsel olması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.366	3231.000	0.664
	Sulama Kooperatifi	4.403		
Kooperatifin tarımsal girdi sağlama konusunda işlevsel olması	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	4.280	3275.500	0.791
	Sulama Kooperatifi	4.403		

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05

3.6. Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife ilişkin sorunları

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatifin sorunları için puanlama Şekil 5’de gösterilmiştir. Çiftçilerin katıldığı (3.50-4.49 puan arası) sorun “Eğitim” (3.53 puan) olarak belirlenmiştir. Çiftçilerin orta düzeyde

katıldığı (2.50-3.49 puan arası) sorunlar; “Mevzuat” (3.29 puan), “Finansman” (3.19 puan), “Üst örgütlenme” (3.17 puan), “Denetim” (3.16 puan), “Ortaklar arası anlaşmazlık” (3.13 puan), “Girdi temini” (3.03 puan), “Yönetimsel sorunlar” (2.99 puan) ve “Ürün pazarlama” (2.88 puan) olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife ilişkin sorunları

Figure 5. Problems related to the cooperative in which farmers are partners

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre tarımsal örgütlenmeyle ilgili sorunlara katılım durumları Tablo 10’da gösterilmiştir. Tarımsal Kalkınma Kooperatif ve Sulama Kooperatif ortaklarının en çok katıldıkları sorun “Eğitim” olduğu belirlenmiştir. Tarımsal Kalkınma

Kooperatif ortakları bu soruna daha fazla katılmakta olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Diğer sorunlar ile çiftçilerin ortağı olunan kooperatif arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0.05$).

Tablo 10. Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife ilişkin sorunları

Table 10. Problems related to the cooperative of which farmers are partners

Sorunlar	Kooperatif	Ortalama	Mann-Whitney U test	P değeri
Yönetimsel sorun	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.043	3216.000	0.656
	Sulama Kooperatifi	2.931		
Ürün pazarlama	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	2.903	3287.500	0.839
	Sulama Kooperatifi	2.847		
Girdi temini	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.022	3301.500	0.876
	Sulama Kooperatifi	3.042		
Ortaklar arasında anlaşmazlık	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.108	3286.500	0.836
	Sulama Kooperatifi	3.153		
Denetim	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.323	2803.500	0.067
	Sulama Kooperatifi	2.958		
Finansman	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.355	2831.500	0.083
	Sulama Kooperatifi	2.972		
Üst örgütlenme	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.215	3167.000	0.543
	Sulama Kooperatifi	3.111		
Mevzuat	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.430	2793.500	0.062
	Sulama Kooperatifi	3.097		
Eğitim**	Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	3.677	2720.500	0.033
	Sulama Kooperatifi	3.347		

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05

3.7. Çiftçilerin kooperatifçilik ilkelerini bilme durumu

Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre kooperatifçilik ilkelerini bilme durumu Tablo 11’de gösterilmiştir. Üreticilere kooperatifçilik ilkeleri sorularak bu ilkeleri bilme durumları tespit edilmeye çalışılmıştır. En çok bilinen

kooperatifçilik ilkesinin “Gönüllülük ve herkese açıklık” (%92.1) olduğu ve en az bilinen kooperatifçilik ilkesinin ise “Eğitim, öğrendirme ve bilgilendirme” (%77.6) olduğu belirlenmiştir. Kooperatifçilik ilkesini bilme durumu ile ortağı olunan kooperatif arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$).

Tablo 11. Çiftçilerin ortağı olduğu kooperatife göre kooperatifçilik ilkelerini bilme durumu**Table 11.** Farmers' knowledge of the principles of cooperatives according to the cooperative of which they are partners

Kooperatifçilik İlkesi	Durum	Tarımsal kalkınma kooperatifi		Sulama kooperatifi		Genel toplam	
		Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)	Sayı (n)	Oran (%)
<i>Gönüllülük ve herkese açıklık</i> $\chi^2(1) = 0.598. p>0.05$	Bilmiyor	6	6.5	7	9.7	13	7.9
	Biliyor	87	93.5	65	90.3	152	92.1
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Ortağın demokratik katılımı</i> $\chi^2(1) = 0.047. p>0.05$	Bilmiyor	10	10.8	7	9.7	17	10.3
	Biliyor	83	89.2	65	90.3	148	89.7
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Ortağın ekonomik katılımı</i> $\chi^2(1) = 0.122. p>0.05$	Bilmiyor	12	12.9	8	11.1	20	12.1
	Biliyor	81	87.1	64	99.9	165	87.9
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Özerklik ve bağımsızlık</i> $\chi^2(1) = 1.212. p>0.05$	Bilmiyor	16	17.2	8	11.1	24	14.5
	Biliyor	77	88.9	64	88.9	141	85.5
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Eğitim,öğendirme ve bilgilendirme</i> $\chi^2(1) = 0.003. p>0.05$	Bilmiyor	21	22.6	16	22.2	37	22.4
	Biliyor	72	77.4	56	77.8	128	77.6
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Kooperatifler arası işbirliği</i> $\chi^2(1) = 0.239. p>0.05$	Bilmiyor	21	22.6	14	19.4	35	21.2
	Biliyor	72	77.4	58	80.6	130	78.8
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0
<i>Topluma karşı sorumlu olma</i> $\chi^2(1) = 0.000 p>0.05$	Bilmiyor	9	9.7	7	9.7	16	9.7
	Biliyor	84	90.3	65	90.3	149	90.3
	Toplam	93	100.0	72	100.0	165	100.0

Önem seviyesi: * p-değeri < 0.01; ** p-değeri < 0.05

4. Sonuç

Yapılan bu çalışma ile Edirne ilindeki Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ve Sulama Kooperatifi ortaklarının sosyo-ekonomik özellikleri, tarımsal örgütlenme bilgi düzeyi ve kooperatif-ortak ilişkileri analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular; çiftçilerin kooperatiflere ortak olma motivasyonlarının ağırlıklı olarak ekonomik faydalar (tarımsal desteklerden yararlanma, üretim girdilerini uygun maliyetle temin etme, ürünlerini pazarlama) etrafında şekillendiğini göstermiştir. Bununla birlikte, sosyal faktörlerin de (toplumda çiftçinin sesini duyurmak gibi) önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Çalışmada çiftçilerin tarımsal örgütlenme sürecinde karşılaştığı başlıca sorunlar "örgütlenme konusunda bilgi eksikliği", "önder çiftçi eksikliği" ve "üreticiler arası güvensizlik" olarak tespit edilmiştir. Bu sorunların çözümüne yönelik olarak en yüksek katılım sağlanan öneriler arasında

"kooperatifçilik eğitimi almış liyakat sahibi yöneticilerin seçilmesi" ve "üreticiler arasında güven ortamının oluşturulması" yer almıştır. Ayrıca, kooperatiflerin denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve tarımsal girdiler ile ürün pazarlama konularında daha işlevsel hale getirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Türkiye'deki tarımsal kooperatiflerin sürdürülebilirliğini artırmak için eğitim ve bilgilendirme çalışmalarının yoğunlaştırılması, kooperatif yöneticilerinde liyakat esasının gözetilmesi ve üreticiler arasında güven ortamının tesis edilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra denetim mekanizmalarının iyileştirilmesi ve kooperatiflerin finansal teşviklerle desteklenmesi, çiftçilerin kooperatiflere katılımını artıracak stratejiler olarak değerlendirilmektedir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma, 14.08.2024 tarihli 2024/23 sayılı yazı ile etik belgesi alınmıştır.

Kaynaklar

- Akçabey, S., Paksoy, M., 2023. Tarımsal girdi temininde tarım kredi kooperatiflerinin rolü: Gaziantep ili Yavuzeli ilçesi örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 9(1): 51–61.
- Albayram Doğan, Z., 2019. Tarımsal amaçlı kooperatiflerde kooperatif–ortak ilişkilerini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma: İzmir ili örneği. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Anonim, 2005. Edirne Master Planı, Edirne Tarım İl Müdürlüğü (<https://www.tarimor.gov.tr/sgb/belgeler/master/edirne.pdf>) (Erişim tarihi: 01.08.2024).
- Anonim, 2024. Edirne (il), Vikipedi Özgür Ansiklopedi ([https://tr.wikipedia.org/wiki/Edirne_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Edirne_(il))) (Erişim tarihi:10.09.2024).
- Bilgin, N., Ergün, E., Aytekin, M., 2016. Kooperatif ortaklarının güven duygusu ile ortakların performans–tatmin arasındaki ilişki: Tariş’te bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1): 67–82.
- Birchall, J., 2004. Cooperatives and the millennium development goals. Cooperative Branch & Policy Integration Department International Labour Office, Geneva.
- Birchall J., Simmons R., 2004. What Motivates Members to Participate in Co-operative and Mutual Businesses?, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 75(3): 465-495.
- Bulut, O.D., Çelik Kaysim, Z., Karadaş, K., 2022. Determination of consumers’ fresh fruit and vegetable (FFV) purchasing preferences during the Covid-19 pandemic period: the case of Turkey. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 59(4): 567-577.
- Everest, B., 2015. Tarım kredi kooperatiflerinde ortakların kooperatifçilik ülkelerini algılamaları ve yönetime katılmalarını etkileyen faktörlerin analizi üzerine bir araştırma: Balıkesir bölge birliği örneği. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güreşci, E., Gönç, M., 2017. Türkiye’de kooperatiflerin temel sorunları ve çözüm önerileri üzerine düşünceler. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 52(4): 219–229.
- Karakaya, E., Kızıloğlu, S., 2014. Küçükbaş hayvancılık işletmelerinin örgütlenme yapısı bingöl ili örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4): 552-560.
- Kılıç, S., Aydoğan. E., 2022. Cooperatives in Turkey and its role in social development. *Journal of Atatürk*, 11(2): 45–50.
- Kösel. Z. 2022. Kırsal kalkınmada tarımsal kooperatifçiliğin rolü üzerine bir inceleme. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1): 33–42.
- Kula Kartal, S., Mor Dirlik, E., 2016. Geçerlik kavramının tarihsel gelişimi ve güvenilirlikte en çok tercih edilen yöntem: Cronbach Alfa katsayısı. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(4): 1865-1879.
- McKnight, P.E., Najab, J., 2010. Mann-Whitney U Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1–1.
- Münkner, H.H., 2012. Cooperative principles and cooperative law. Cooperative Branch & Policy Integration Department International Labour Office, Geneva.
- Özüdoğru, H., 2010. Kooperatiflerde pazarlama. *Ziraat Mühendisliği*, 354: 58–64.
- Paksoy, M., Bulut. O.D., 2020. Aksaray ilinde süt sığırcılığı yapan kooperatif ortaklarının sosyo-ekonomik özellikleri ve kooperatif–ortak ilişkilerinin incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(2): 252–262.

- Palaz, S., Boz, İ., 2008. Üniversite mezunu yetişkinlerin farklı organizasyonlarda gönüllü hizmet vermesini etkileyen faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(19): 95–106.
- Perme, M. P., Manevski, D. 2019. Confidence intervals for the Mann–Whitney test. *Statistical Methods in Medical Research*, 28(12): 3755–3768.
- Reyhan, H., Satır Reyhan, A., 2017. Ekolojik krize bir çözüm yolu olarak sürdürülebilir tarım ve kooperatif örgütlenme. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 4(13): 1388–1401.
- Semerci, A., 2015. Türkiye'de çiftçi örgütleri: Tarımsal amaçlı kooperatifler örneği. *Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1):65-73.
- Taherdoost, H., 2019. What is the best response scale for survey and questionnaire design; review of different lengths of rating scale / Attitude. Scale / Likert Scale. *International Journal of Academic Research in Management*, 8(1): 1-10.
- Valentinov, V. 2007. Why are cooperatives important in agriculture? An organizational economics perspective. *Journal of Institutional Economics*, 3(1): 55–69.
- Yamane, T. 2010. Temel örnekleme yöntemleri. Literatür Yayıncılık.
- Yantur, P., Sağlık, R. 2022. Tarımsal kalkınma kooperatiflerinin etkileri: Taze gıda piyasası örneği üzerine bir uygulama. *İstanbul Esenyurt Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimler Fakültesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 2(1): 1–15.

Atıf Şekli	Bulut, O.D., 2025. Ortakların Kooperatifçilik Bilgi Düzeyi ve Kooperatif-Ortak İlişkilerinin İncelenmesi: Edirne İli Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ve Sulama Kooperatifi Örneği. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 9(1): 252-267. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14788927 .
To Cite	Bulut, O.D., 2025. Examining the Level of Knowledge of Partners on Cooperatives and Cooperative-Partner Relations: The Case of Edirne Province Agricultural Development Cooperative and Irrigation Cooperative. <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 9(1): 252-267. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14788927 .



Efficacy of Trap Types on the Attractiveness of *Kermania pistaciella* Amsel, 1964 (Lepidoptera: Tineidae)

Halil DİLMEN^{1*}, Cevdet KAPLAN¹

¹ Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Siirt

*Corresponding author: halildilmen@siirt.edu.tr

Abstract

Kermania pistaciella Amsel. (Lepidoptera: Tineidae) is a critical pest in pistachio cultivation, leading to significant yield loss and quality degradation. This study was conducted to evaluate the effectiveness of Delta, Funnel, and Phercon trap types in attracting adult *K. pistaciella*. Statistical analyses were performed using ANOVA to assess the mean differences between the trap types. The results showed that the Delta trap had a significantly higher capture rate than the other two traps. The average number of adults caught by the Delta, Funnel, and Phercon traps were 579.67, 403.67, and 380.00, respectively. The Delta trap peaked at an average of 600 adults captured at the end of April and early May, while the Funnel and Phercon traps showed lower capture rates during this period. From May 23 to June 8, 2022, capture rates decreased across all traps. The Delta trap captured an average of 55.77 more adults than the Funnel trap and 46.92 more than the Phercon trap, with these differences being statistically significant ($p < 0.01$). However, no significant difference was observed between the Funnel and Phercon traps ($p > 0.05$). Additionally, the interaction between trap types and time factors was also found to be significant ($p < 0.05$).

Research Article

Article History

Received :03.11.2024
Accepted :20.12.2024

Keywords

Kermania pistaciella
capture rate
pest control
trap effectiveness

1. Introduction

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is one of the most economically valuable agricultural products in Türkiye. Türkiye ranks third in the world for pistachio production, following Iran and the United States, contributing approximately 23.37% of global production (FAO, 2024). In Türkiye, pistachios are primarily cultivated in the southeastern provinces. The Siirt variety, characterized by its large size, broad cracking range, and white shell, is particularly notable and is in high demand both domestically and internationally. Pistachio orchards in Türkiye are threatened by various insect pests that cause significant yield and quality losses. Among these, *Kermania pistaciella* (Lepidoptera: Tineidae), commonly known as the pistachio twig borer, is one of the most widespread and destructive species. It is particularly prevalent in the southeastern region where pistachio cultivation is concentrated (Küçükarslan, 1966; Bolu, 2002; Kaplan et al., 2018; Kaplan and Çiftçi, 2021). Similarly, in Iran, *K. pistaciella* is the most common and significant pest in pistachio orchards (Mehrnejad, 2002). *Kermania pistaciella* completes one generation per year and overwinters as a mature larva in the fourth instar within twigs. Adult emergence begins in early April, and after mating, females lay their eggs on new shoots or the tips of fruit clusters. The larvae penetrate one- and two-year-old shoots and fruit clusters, feeding on the xylem and pith, which causes weakening, wilting, and fruit drop (Küçükarslan, 1966; Anonymous, 2011; Tezerji, 2011; Fakhri and Abbasipour, 2019). The first study on the biology of *K. pistaciella* in Türkiye was conducted by Küçükarslan (1966) in the pistachio orchards of Gaziantep. Subsequent studies in Türkiye and Iran have focused on the population dynamics, adult flight patterns, chemical control, mass trapping, and parasitoids of *K. pistaciella* (Achterberg and Mehrnejad, 2002; Özgen et al., 2012; Yanık and Yıldırım, 2016; Beyarslan and Sahan, 2019; Fakhri and Abbasipour, 2019).

Insecticide applications are commonly used to control *K. pistaciella* populations in both

Iran and Türkiye. However, the indiscriminate and untimely use of insecticides poses a serious threat to natural enemies. Therefore, insecticide applications against *K. pistaciella* should be carefully timed to target the pest during its peak activity period while minimizing the impact on parasitoids (Mehrnejad, 2002; Özgen et al., 2012). To mitigate the negative effects of chemical insecticides, environmentally friendly approaches have been sought. For this purpose, the sex pheromone of *K. pistaciella* has been identified and is now used to monitor male activity and determine the optimal timing for insecticide applications (Gries et al., 2006).

In the southeastern region of Türkiye, the widespread distribution of *K. pistaciella* can be attributed to inadequate knowledge of its biology, insufficient cultural control measures, and improper timing of chemical treatments (Bolu, 2002). While several studies have been conducted on the biology, distribution, parasitoids, parasitism rates, chemical control, and mass trapping of *K. pistaciella* in Türkiye (Küçükarslan, 1966; Özgen et al., 2012; Yanık and Yıldırım, 2016), similar research has also been carried out in Iran, focusing on chemical control, parasitism rates, parasitoids, population dynamics, and the best pheromone trap types (Mehrnejad, 2002; Abbaszadeh et al., 2006; Zamani et al., 2012; Fakhri and Abbasipour, 2019).

Understanding the biology, flight patterns, and population dynamics of pest species in cultivated plants is crucial for effective pest management. This knowledge is essential for determining the timing of non-chemical control methods, the release of natural enemies, the appropriate timing of chemical applications, and the deployment of pheromone traps (Bassirat, 2008). In recent years, pheromones and other attractants have been increasingly used to develop mass trapping methods for pest management, which are essential components of pest control programs worldwide (Carde, 1990; Cronin et al., 2000; Devetak et al., 2015). The population density, seasonal occurrence, and flight patterns of pest species can vary between

regions, influenced by factors such as temperature and relative humidity.

In Siirt province, recent increases in humidity and changes in temperature, partly due to the construction of dams, have led to an increase in the population density of pests in pistachio orchards. Pistachio producers in this region are making significant efforts to combat these pests. To develop the most effective control methods against *K. pistaciella*, it is necessary to investigate the seasonal population fluctuations of the pest, identify the most effective trap type for monitoring the pest, and determine the optimal duration for deploying these traps in orchards. Recent studies in Siirt (Kaplan and Ciftci, 2021) have observed that pistachio producers use different types of traps to monitor this pest. This study aims to investigate whether different trap types used in Siirt have varying effectiveness in attracting *K. pistaciella* adults and to identify the most effective trap type for use in regional mass trapping programs.

2. Materials and Methods

This study was conducted in 2022 in a pistachio orchard located in İkişbağlar village, central Siirt district (37° 58' 47.66" N, 41° 58' 41.10" E). The orchard consisted of 20-25-year-old productive pistachio trees of the Siirt variety, planted with a row spacing of 8 meters and an intra-row spacing of 4 meters. The orchard was well-maintained, with regular pruning and cultivation practices.

2.1 Field trials

A single type of sexual pheromone was used in the experiment, and three different trap types were compared. The experiment was designed based on a randomized block design, with traps randomly placed within each block. The traps were spaced at least 30 meters apart and hung on trees, positioned at a height of 1.5 to 2 meters on branches facing south. The traps were deployed in March and remained in the orchard until the end of the adult flight period. The traps were inspected 1-2 times per week, and the captured adult moths were counted, with the traps and debris cleaned during each

check. The sexual pheromone used was obtained from Verim İnşaat, while the trap types included Delta, Phercon, and Funnel traps.

2.2. Statistical analysis

The performance of the three trap type (Delta, Funnel, and Phercon) was evaluated by comparing the capture rates of *Kermania pistaciella*. A two-way ANOVA was conducted using SPSS software to assess the effects and interactions between trap types and sampling times on capture rates.

3. Results and Discussion

The effectiveness of Delta, Funnel, and Phercon traps in capturing *Kermania pistaciella* adults was evaluated over time. Data collection occurred between March 28, 2022, and June 6, 2022, capturing the pest's active flight period from March to early June. The results provide valuable insights into the population dynamics of the pest and the performance of different trap types across various periods. The average capture rates of *Kermania pistaciella* in the three trap types (Delta, Funnel, and Phercon) over time are presented in Figure 1. During the initial period from March 28 to April 18, the capture rates for all three trap types were low, with almost no adults being caught in Delta and Funnel traps. Similarly, Phercon traps also exhibited low capture rates during this period. However, between April 25 and May 2, there was a significant increase in the capture rates across all trap types. Notably, Delta traps reached their peak, capturing an average of 600 adults, followed by Funnel traps, which captured approximately 400 adults. Phercon traps, although exhibiting lower capture rates, showed a noticeable increase with around 200 adults. In the period from May 9 to May 16, a decline in capture rates was observed. Although Delta traps still maintained the highest capture rates, the numbers had significantly decreased. Funnel and Phercon traps followed a similar trend, with reduced capture rates. By the period between May 23 and June 6, capture rates continued to decline across all trap types, with the number of

captured adults approaching near-zero levels. Overall, Delta traps demonstrated the highest capture efficiency, peaking at the end of April and early May. Funnel traps had the second-highest capture rates, though consistently lower than Delta traps. Phercon traps had the lowest capture rates among the three but were

still effective during specific periods. These findings highlight the population dynamics of *K. pistaciella* and the varying effectiveness of different trap types over time. While Delta traps emerged as the most effective, all three traps proved useful for monitoring the pest population during different periods (Figure 1).

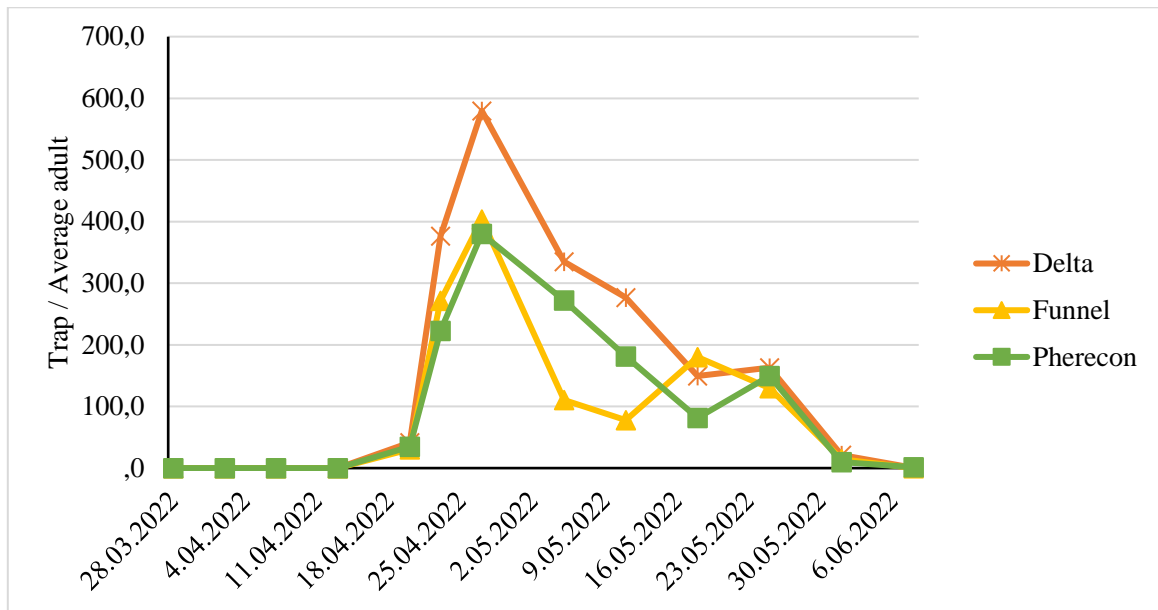


Figure 1. Average capture rates of *Kermania pistaciella* in three different trap types

In our study, the average capture rates and standard deviations of *K. pistaciella* using Delta, Funnel, and Phercon traps on specific dates are presented in Table 1. The Delta trap showed the highest average number of adults captured, reaching 579.6 adults on April 27, 2022. In the Funnel trap, an average of 403.6 adults were captured during the same period. The Phercon trap had the lowest capture rates

compared to the other two traps, with an average of 380 adults, making it the least effective during this period. All traps exhibited high capture rates during the peak period of the pest population, with a subsequent decline in capture rates thereafter. These results allow us to compare the effectiveness of different trap types and understand the population dynamics of the pest.

Table 1. Average capture rates and standard deviations of *Kermania pistaciella* in Delta, Funnel, and Pherecon traps

Traps	Time	Mean	Std. Deviation	N
Delta	28.03.2022	.00	.00	3
	2.04.2022	.00	.00	3
	7.04.2022	.00	.00	3
	13.04.2022	.00	.00	3
	20.04.2022	41.33	10.21	3
	23.04.2022	376.33	89.12	3
	27.04.2022	579.67	36.61	3
	5.05.2022	335.00	161.98	3
	11.05.2022	276.67	143.79	3
	18.05.2022	149.67	130.99	3
	25.05.2022	163.00	101.35	3
	1.06.2022	21.00	13.45	3
	8.06.2022	.33	.57	3
	Total	149.46	195.28	39
Funnel	28.03.2022	.00	.00	3
	2.04.2022	.00	.00	3
	7.04.2022	.00	.00	3
	13.04.2022	.00	.00	3
	20.04.2022	30.33	12.58	3
	23.04.2022	271.33	79.75	3
	27.04.2022	403.67	124.23	3
	5.05.2022	110.67	19.75	3
	11.05.2022	77.667	6.80	3
	18.05.2022	180.00	196.73	3
	25.05.2022	129.67	120.03	3
	1.06.2022	14.67	18.471	3
	8.06.2022	.00	.00	3
	Total	93.6923	138.11916	39
Pherecon	28.03.2022	.00	.00	3
	2.04.2022	.00	.00	3
	7.04.2022	.00	.00	3
	13.04.2022	.00	.00	3
	20.04.2022	34.67	12.51	3
	23.04.2022	222.67	49.89	3
	27.04.2022	380.00	96.43	3
	5.05.2022	272.00	31.19	3
	11.05.2022	181.33	41.18	3
	18.05.2022	81.67	30.00	3
	25.05.2022	149.33	76.02	3
	1.06.2022	9.67	7.37	3
	8.06.2022	1.67	1.52	3
	Total	102.53	128.34	39

The statistical analysis of the mean differences in capture rates of *K. pistaciella* between Delta, Funnel, and Pherecon traps is presented in Table 2. The Delta trap captured an average of 55.77 more adults than the Funnel trap, and this difference was statistically significant ($p = 0.001$) (Table 2). Additionally, the Delta trap captured an average of 46.92 more adults than the

Pherecon trap, with this difference also found to be statistically significant ($p = 0.003$) (Table 2). On the other hand, the Funnel trap captured an average of 8.85 more adults than the Pherecon trap; however, this difference was not statistically significant ($p = 0.568$) (Table 2). In conclusion, the Delta trap had significantly higher capture rates compared to both the Funnel and Pherecon traps. No

significant difference was observed between the Funnel and Phercon traps. These results

indicate that the Delta trap is more effective for monitoring and controlling *K. pistaciella*.

Table 2. Statistical analysis of the mean differences in capture rates of *Kermania pistaciella* between Delta, Funnel, and Phercon traps

Traps		Mean Difference	Std. Error	P value
Funnel	Delta	-55.7692	15.43209	.001*
	Phercon	-8.8462	15.43209	.568
Phercon	Delta	-46.9231	15.43209	.003*
	Funnel	8.8462	15.43209	.568

*p-values < 0.05 indicate significant differences between comparisons.

The effects of the trap types analyzed in this study were found to be statistically significant ($p = 0.001$) (Table 3). Similarly, the effect of the time factor was also statistically significant ($p = 0.000$) (Table 3). The interaction between trap types and the time factor was found to be

statistically significant ($p = 0.034$) (Table 3). These results demonstrate that both trap types and the time factor, when considered independently or together, lead to significant differences.

Table 3. Statistical analysis results of the interaction effects of trap types and the time factor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P value
Trap	70073.077	2	35036.538	7.545	.001
Time	2242525.880	12	186877.157	40.241	.000
Trap * Time	195376.479	24	8140.687	1.753	.034
Error	362225.333	78	4643.915		
Corrected Total	2870200.769	116			

*p-values < 0.05 indicate significant differences between comparisons

The Delta trap showed the highest average catch rate. Funnel and Phercon traps had similar average catch rates, both significantly lower than the Delta trap. Statistical analysis confirmed that the Delta trap was significantly different from and outperformed the other two trap types (Figure 2). These findings highlight

that the Delta trap is the most effective for capturing the pest, while Funnel and Phercon traps exhibited comparable performance. This suggests that the Delta trap should be preferred when developing strategies for monitoring and controlling adult populations of *K. pistaciella*.

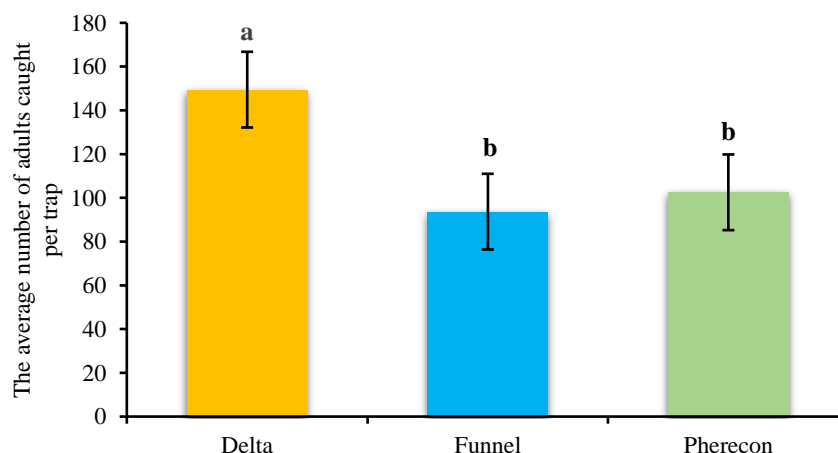


Figure 2. Average number of adult *Kermania pistaciella* caught per trap type (Delta, Funnel, and Phercon). Different letters above the bars indicate statistically significant differences between trap types ($p < 0.05$).

Studies comprehensively examining the effects of different trap designs on pest insects

worldwide are quite limited. This study found that the Delta trap exhibited a significantly

higher capture rate compared to two other trap types. The superior performance of the Delta trap suggests it can be an effective tool for controlling moth populations. Similar results were obtained in Fakhri and Abbasipour's (2019) study, which indicated that Delta traps had higher capture rates compared to other trap types for monitoring *Kermania pistaciella* populations. However, Zamani et al., (2012) reported in a study conducted in Iran that Funnel traps were more effective than Delta traps for capturing *K. pistaciella*. This discrepancy highlights that local ecosystem conditions and application methods can significantly influence trap performance. Other research on different pests has also revealed similar variations in trap effectiveness. For instance, Athanassiou et al. (2002) reported in a study conducted in Greece that Funnel traps captured approximately 4.2 and 29.9 times more *Pectinophora gossypiella* than Delta and Pherocon II traps, respectively. Athanassiou et al., (2004) found that Funnel traps were more attractive than other trap types for capturing male *Palpita unionalis* in olive groves. In Turkey, a study conducted in Ankara and Çankırı on mass trapping of the Cherry Fruit Fly (*Rhagoletis cerasi*) evaluated trap types and various attractants. The study concluded that the visual yellow sticky Rebell trap combined with ammonium capsules was the most effective combination. Four of these trap combinations per tree were deemed sufficient for effective mass trapping (Özdem and Kılınçer, 2009). Additionally, Casagrande et al., (1994) tested three trap types (vertical trap, tent trap, and 3D trap) against the Cherry Fruit Fly (*Rhagoletis cerasi* L.) in Italy during 1993-1994. The visual sticky trap (vertical trap) captured significantly more adults than the other traps. Moreover, the effect of trap type, color, and placement on capturing pest species has been addressed in various studies (Whitfield et al., 2019; Cruz-López et al., 2020; Sabbahi and Azzaoui, 2022; Hosang et al., 2022; Uluca and Ak, 2023). These findings emphasize that trap design and application conditions are crucial factors influencing pest control success and underscore the need for a comprehensive evaluation of these factors.

4. Conclusion

The data obtained from this study demonstrate that the Delta trap is the most effective trap for capturing *Kermania pistaciella* populations. The Delta trap showed the highest average moth capture rate, making it the most effective trap for combating the Pistachio Nut Borer ($p = 0.001$). Funnel and Pherocon traps, on the other hand, presented similar capture rates but exhibited lower efficacy compared to the Delta trap ($p < 0.05$). These results provide valuable information for optimizing pest management strategies. In conclusion, the Delta trap has been identified as the most effective tool for controlling moth populations and should be prioritized in pest control programs. However, considering the impact of local ecosystem conditions and other environmental factors, Funnel and Pherocon traps may also be used as supplementary control tools. Future research should focus on further improving trap designs and placement strategies to support these findings and enhance the effectiveness of integrated pest management programs.

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 research received no external funding.

References

- Abbaszadeh, G., Seiedoleslami, H., Samih, M.A., Hatami, B. 2006. Bioecology of pistachio twig borer moth *Kermania pistaciella* Amsel, in Rafsanjan and Isfahan-Iran. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 71(2b): 563-569.

- Achterberg, C., Mehrnejad, M.R., 2002. The braconid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of *Kermania pistaciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae: Hieroxestinae) in Iran. *Zoologische Mededelingen*, 76: 27–39.
- Anonymous, 2011. Technical instruction of integrated management of pistachio [Antepfistiği Entegre Mücadele Teknik Talimatı].- T.C. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, General Directorate of Agricultural Research and Policies, Department of Plant Health Research, Ankara, Turkey.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Mazomenos, B.E., 2004. Effect of trap type, trap color, trapping location, and pheromone dispenser on captures of male *Palpita unionalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(2): 321-329.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Gravanis, F.T., Koukounitsa, N.A., Roussou, D.E., 2002. Influence of trap type, pheromone quantity and trapping location on capture of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Applied Entomology and Zoology*, 37(3): 385-391.
- Bassirat, M., 2008. Estimating the heat requirements for Pistachio twig moth, *Kermania pistaciella* Amsel in field condition. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(45): 339-349.
- Beyarslan, A., Şahan, Y.B., 2019. A new species of Chelonini (Hymenoptera: Braconidae) from pistachio twig borer moth (*Kermania pistaciella* Amsel (Lep.: Tineidae)) in Gaziantep. *Turkish Journal of Zoology*, 43(4): 388-392.
- Bolu, H., 2002. Investigations on the fauna of insects and mites in pistachio areas in South Eastern Anatolia Region of Turkey.- *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 26(3): 197-208.
- Carde, R.T., 1990. Principles of mating disruption. In Ridgway, R.L., Silverstein, R.M. and Inscoc, M.N. (Eds). Behavior-modifying chemicals for insect management, applications of pheromones and other attractants. Marcel Dekker, INC, New York. pp. 47-71.
- Casagrande, E., Molinari F., Cravedi, P., Bertonazzi, C., 1995. Evaluation of new attractants and traps for the monitoring of the cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi* L. *IOBC WPRS Bulletin*, 18(2):31-34.
- Cronin, J.T., Hayes, J.L., Turchin, P., 2000. Evaluation of traps used to monitor southern pine beetle aerial populations and sex ratios. *Agricultural and Forest Entomology*, 2(1): 69-76.
- Cruz-López, L., Vázquez, M.A., Castillo, A., 2020. Effectiveness of the sex pheromone for monitoring *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado orchards. *Neotropical Entomology*, 49: 332-336.
- Devetak, M., Bohinc, T., Kač, M., Trdan, S., 2015. Seasonal dynamics of the cabbage armyworm (*Mamestra brassicae* L.) and the bright line brown-eyes moth (*Mamestra oleraceae* L.) in Slovenia. *Horticultural Science*, 41: 80-88.
- Fakhri, N., Abbasipour, H., 2019. Population fluctuations of the pistachio twig borer, *Kermania pistaciella* Amsel, 1964 (Lep.: Oinophylidae) using delta pheromone trap. *Acta agriculturae Slovenica*, 114(1):13.
- FAO, 2024. Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Accessed: 03.08.2024).
- Gries, R., Khaskin, G., Daroogheh, H., Mart, C., Karadag, S., Er, M.K., Grie, G. 2006. (2 S, 12 Z)-2-Acetoxy-12-heptadecene: major sex pheromone component of pistachio twig borer, *Kermania pistaciella*. *Journal of Chemical Ecology*, 32: 2667-2677.

- Hosang, M.L.A., Maskromo, I., Alouw, J.C., 2022. Comparative effectiveness of three types of pheromones against *Rhynchophorus vulneratus* (Panzer) and *Oryctes rhinoceros* (L.) in Indonesia. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v: 974, p 012090. Institute of Physics Publishing.
- Küçükarslan, N., 1966. Antepfistıklarında zarar yapan fıstık dal güvesi (*Kermania Pistaciella* Amsel, Lep. - Oinophilidae)'nin biyoloji ve savaşı üzerinde bazı incelemeler. Sabri A Basımevi, s:64, İstanbul.
- Kaplan, C., Çiftçi, M.C., Çakmak, S., 2018. Insect pests in pistachio producing areas of Turkey. *Ejoms 4. International Congress on Mathematic, Engineering and Natural Sciences-IV*, Congress Prooceding Books, p:10-16, Kiev, Ukraine.
- Kaplan, C., Çiftçi, M.C., 2021. Population fluctuations of the Pistachio twig borer, *Kermania pistaciella* Amsel and its parasitoids. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(5): 5476-548.
- Mehrnejad, M.R., 2002. The natural parasitism ratio of the pistachio twig borer moth, *Kermania pistaciella*, in Iran. *Acta Horticulturæ*, 591: 541-544.
- Özdem, A., Kılınç, N., 2009. The effectiveness of the trap types and lures used for mass trapping to control Cherry fruit fly [*Rhagoletis cerasi* (L., 1958)] (Diptera: Tephritidae). 4(2): 371-377.
- Özgen, I., Bolu, H., Beyarslan, A., 2012. *Chelonus flavipalpis* Szépliget, 1896 and *Mirax rufilabris* Haliday, 1833 (Hymenoptera: Braconidae): two new larva-pupa parasitoids of Pistachio twig borer *Kermania pistaciella* Amsel, 1964 (Lepidoptera: Oinophilidae) with the parasitization ratios from Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 7(1): 238-242.
- Sabbahi, R., Azzaoui, K., 2022. The effectiveness of pheromone traps in controlling the tomato leafminer, *Tuta absoluta*, in the United Arab Emirates. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(2): 367-374.
- Tezerji, Z.S., 2011. Determination of damages of pistachio twig borer moth *Kermania pistaciella* Amsel, to fruit cluster of pistachio trees. *Acta Horticulturæ*, 912: 701-707.
- Uluca, M., Ak, K., 2023. Evaluation of the Effectiveness of Different Trap Types and Pheromones against *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(5): 516-523.
- Whitfiel, E.C., Lobos, E., Cork, A., Hall, D.R., 2019. Comparison of different trap designs for capture of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) with pheromone and floral odor attractants. *Journal of Economic Entomology*, 112(5): 2199-2206.
- Yaniki, E., Yildirim, Y., 2016. Effectiveness of mass trapping for control of the pistachio twig borer, *Kermania pistaciella*. *Bulletin of Insectology*, 69(1): 35-40.
- Zamani, Z., Khajehali, J., Sabzalian, M.R., 2012. Influence of trap type, trapping location and cardinal direction on the capture of the pistachio twig borer moth, *Kermania pistaciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae) in Isfahan. *Plant Pest Research*, 2(2): 53-62.

To Cite

Dilmen, H., Kaplan, C., 2025. Efficacy of Trap Types on the Attractiveness of *Kermania pistaciella* Amsel, 1964 (Lepidoptera: Tineidae). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 268-276.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14843299>.

Farklı Potasyum Uygulama Dozlarının Buğday (*Triticum* spp.) Verim ve Kalite Unsurları Üzerine Etkileri

Suat DAŞKIN^{1*}, Aydın ALP²

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): suatdaskin@yahoo.com

Özet

Bu araştırma, farklı potasyum dozlarının buğdayın (*Triticum* spp.) verim ve kalite unsurları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri uygulama alanında 2021-2022 ve 2022-2023 yetiştirme dönemlerinde yürütülmüştür. Çalışmada üç adet ekmeçlik (Tekin, Dinç, Babil) ve üç adet makarnalık (Meya-2, Güneyyıldızı, Eyyubi) buğday çeşidi kullanılmış olup, farklı dozlarda potasyum sülfat uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Deseni'ne göre üç tekrarlamalı olarak planlanmıştır. Araştırmada başaklanma günü, başakta tane sayısı ve ağırlığı, bitki boyu, tane verimi, SPAD, NDVI, hektolitreye ağırlığı ve protein oranı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, potasyum dozlarının bazı büyüme ve kalite parametreleri üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermiştir. Başakta tane ağırlığı 1.80 g, başakta tane sayısı 32.12 adet, bitki boyu 83.60 cm, hektolitreye ağırlığı 79.54 kg ve tane verimi 542.50 kg olarak hesaplanmıştır. En yüksek tane verimi 18 kg da⁻¹ potasyum dozu ile elde edilmiştir. SPAD değeri 51.61, NDVI 0.57 ve tane verimi 12 kg da⁻¹ potasyum uygulamasında en yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Öte yandan, en erken başaklanma 6 kg da⁻¹ potasyum dozu uygulamasında 123.17 gün ile gerçekleşmiştir. NDVI (0.57) ve protein oranı (%15.19) açısından en yüksek ortalama değerler 0 kg da⁻¹ potasyum dozu ile elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, potasyum gübrelemesinin yalnızca verimi artırmakla kalmayıp, buğdayın kalite özellikleri üzerinde de belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Determination of the Effects of Different Potassium Application Doses on Yield and Quality Parameters of Wheat (*Triticum* spp.)

Abstract

This study was conducted at the Field Crops experimental area of the Faculty of Agriculture at Dicle University during the 2021-2022 and 2022-2023 growing seasons to evaluate the effects of different potassium doses on the yield and quality components of wheat (*Triticum* spp.). The study included three bread wheat varieties (Tekin, Dinç, Babil) and three durum wheat varieties (Meya-2, Güneyyıldızı, Eyyubi), and the effects of different doses of potassium sulfate applications were examined. The experiment was designed as a Randomized Complete Block Design with Split-Split Plots with three replications. The parameters evaluated in the study included heading date, number of grains per spike, grain weight per spike, plant height, grain yield, SPAD, NDVI, hectoliter weight, and protein content. The results demonstrated that potassium doses had significant effects on certain growth and quality parameters. Grain weight per spike was measured as 1.80 g, the number of grains per spike as 32.12, plant height as 83.60 cm, hectoliter weight as 79.54 kg, and grain yield as 542.50 kg. The highest grain yield was obtained with the 18 kg da⁻¹ potassium dose. The highest SPAD value (51.61), NDVI (0.57), and grain yield (542.50 kg) were recorded at 12 kg da⁻¹ potassium application. Additionally, the earliest heading (123.17 days) was observed in the 6 kg da⁻¹ potassium application. The highest NDVI (0.57) and protein content (15.19%) were obtained with the 0 kg da⁻¹ potassium dose. The findings indicate that potassium fertilization not only increases yield but also plays a crucial role in determining wheat quality characteristics.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi :04.11.2024

Kabul Tarihi :22.12.2024

Anahtar Kelimeler

NDVI
buğday
potasyum
çeşit
verim

Research Article

Article History

Received :

Accepted :

Keywords

NDVI
wheat
potassium
variety
yield

1. Giriş

Buğday (*Triticum spp.*), insan beslenmesi açısından en önemli besin kaynaklarından biri olup dünyada en çok yetiştirilen üründür (Alkan ve ark., 2022; Yılmaz ve ark., 2024). Tahıl ürünleri arasında özellikle gelişmekte olan ülkelerde üretim, besin kaynağı ve ekim alanı desenleri açısından oldukça önemli bir konuma sahiptir (Laasli ve ark., 2022; Kharipzhanova ve ark., 2024). Türkiye'de buğday tarımı, Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerine göre 66.3 milyon hektarlık geniş ekili alan ve 19.8 milyon tonluk önemli bir toplam üretim hacmiyle tahıl sektörü içerisinde önemli bir yere sahiptir (Güney ve ark., 2024). İnsan ve hayvan beslenmesinde temel protein (%20) ve kalori (%19) gereksiniminin önemli oranlarda karşılanmasını sağlayan (Bozoğlu ve ark., 2022; Özer ve ark., 2023) buğday, mineral maddeler ve B vitamini gibi mikro besinler bakımından zengin olup, dünya nüfusunun enerji gereksiniminin %20'sini karşılamaktadır (Özberk ve ark., 2016). Türkiye'de ise günlük enerji ihtiyacının %40'ı buğday ürünlerinden karşılanmaktadır (Kızılgeçi, 2014).

Modern tarım, hızla artan dünya nüfusunun yol açtığı çevresel zorluklar karşısında önemli değişimlerden geçmektedir. Bu değişimler, küresel sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (İpekesen ve ark., 2023; Yılmaz ve ark., 2023; Yolcu ve Yılmaz, 2025). Tarımsal üretim, doğası gereği iklim koşullarına bağımlı olup, iklim değişikliği risklerine karşı en kırılgan sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2024; Yorulmaz ve ark., 2025). Yüksek kalite ve verim elde edebilmek için uygun iklim koşullarında, bilimsel temellere dayalı yetiştirme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Bitkisel üretimde ürün miktarını artırmanın en etkili yöntemi, birim alandan elde edilen verimi yükseltmektir (Yılmaz ve Yılmaz, 2025). Potasyum, bitkilerin büyüme ve veriminde kritik bir rol oynamaktadır. Bitkiler, gelişim süreçlerinde potasyuma ihtiyaç duymaktadır. Bu mineral, su dengesinin sağlanması, enzim aktivasyonu ve metabolizma gibi temel işlevlerde yer

almaktadır (Pela ve ark., 2020). Ayrıca, potasyumun bitki hastalıklarına karşı direnç geliştirmede ve kuraklık stresi toleransında da önemli roller üstlendiği oynadığı vurgulanmaktadır (Verma ve Kaur, 2022).

Yerkabuğu genel olarak %2.3 oranında potasyum içermekte olup, bu potasyumun çok büyük bir bölümü kil minerallerine bağlı olarak bulunmaktadır, bu nedenle kil minerallerince zengin topraklar genellikle potasyumca zengindir (Öner ve Tenikecier, 2022). Farklı toprak serilerinde yapılan araştırmalar, potasyum seviyelerinin yerel tarımsal uygulamalara ve toprak özelliklerine göre değiştiğini ortaya göstermektedir (Jamal ve Jamal, 2018). Toprakta bulunan potasyumun %90-98'i bitkiler tarafından yararlanılamaz, %1-10'u zor yararlanılabilir, %1-2'si de kolay yararlanılabilir durumda bulunmaktadır. Yağışın yüksek olduğu kaba bünyeli mineral ve organik topraklar ile tropik bölge topraklarında potasyum yıkanma ile kayba uğramakta ve potasyum noksanlığı ortaya çıkabilmektedir. Bitkilere potasyum uygulamasında toprakta potasyum düzeyinin analizlerle belirlenmesi esas alınmalıdır (Öner ve Tenikecier, 2022).

Buğday verimi genotip, yağış, ekim alanı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Popović ve ark., 2020; Demirel ve ark., 2023). Potasyum gübrelenmesinin buğday verimi üzerindeki olumlu etkileri, birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Örneğin, bir çalışmada potasyumun buğday bitkilerinin verim ve besin konsantrasyonları üzerinde önemli etkiler oluşturduğu belirtmiştir (El-Hamdi ve ark., 2019). Ayrıca, Rahman ve ekibi potasyum ortofosfat uygulamasının terminal sıcaklık stresi altında buğdayın tane verimini ve çekirdek kalitesini artırdığını bildirmiştir (Rahman ve ark., 2014). El-Nahas ve ark. (2019) ise potasyum sülfat ve potasyum feldspat gibi farklı potasyum kaynaklarının buğday verimi üzerindeki etkilerini araştırmış ve potasyumun bitki besin alımını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Abo Basha ve ark. (2024)'nın çalışmasında da potasyum gübrelenmesinin buğdayın büyüme ve verim özellikleri üzerindeki olumlu etkileri

vurgulanmıştır. Toprağa uygulanacak potasyumlu gübre miktarı belirlenirken bitki çeşidi, toprağın bitki tarafından yararlanılabilir potasyum içeriği ve uygulanan tarım sistemi gibi çeşitli etmenlerin dikkate alınması gerekmektedir (Öner ve Tenikecier, 2022).

Bu araştırmada, Diyarbakır koşullarında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerine uygulanan potasyum dozlarının verim ve kalite üzerindeki etkileri gözlenmiş, en uygun potasyum dozları ile bu dozlara en iyi tepkiyi veren çeşitler belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada 3 adet ekmeklik (Tekin, Dinç, Babil) ve 3 adet makarnalık (Güneyyıldızı, Meya-2, Eyyubi) buğday çeşidi kullanılmıştır. Çeşitlerin bir bölümü GAP Uluslararası

Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (GAPUTEM)'den, bir bölümü ise organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren sertifikalı tohum üretim fabrikalarından temin edilmiştir.

2.1. Deneme yeri ve özellikleri

Araştırma Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama alanında, 2021-22 ve 2022-23 yetiştirme sezonlarında yürütülmüştür.

2.2. Toprak özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü toprak killi tınlı yapıda, hafif alkali (pH 7.77), normal kireçli olup, organik madde bakımından (%0.77) fakir toprak grubundadır. Toprak özelliklerine ait detaylı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme alanına ait toprak analizi sonuçları

Table 1. Soil analysis results of the trial area

Parametreler	Değerler
Satürasyon (%)	63.2
Tuzluluk (dS/m)	0.9
pH	8.1
Bünye	Killi
Organik Madde (%)	0.77
Azot (N) (%)	0.04
Potasyum (ppm)	314.4
Kalsiyum (ppm)	9.0
Magnezyum (ppm)	471.7
Demir (ppm)	9.29

2.3. Deneme yerine ait iklim verileri

Deneme yerine ait 2021-22, 2022-23 ve uzun yıllar iklim verileri Tablo 2'de verilmiştir. 2021-22 yetiştirme sezonuna ait en yüksek sıcaklık ortalaması 27.9 °C, en düşük sıcaklık ortalaması 4.1 °C olarak; 2022-23 yetiştirme sezonunda ise en yüksek sıcaklık ortalaması 27.6 °C, en düşük sıcaklık ortalaması ise 2 °C olarak kaydedilmiştir. 2021-22 yetiştirme sezonunda ilkbahar aylarında gerçekleşen yağış uzun yıllar ortalamasının oldukça altında kalmıştır. 2022-23 üretim sezonunda Mayıs ayında gerçekleşen yağışlar uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir (Tablo 2).

2.4. Deneme düzeni

Araştırma Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Potasyum gübresi (%50 K₂O) 4 doz olacak şekilde (0 kg da⁻¹, 6 kg da⁻¹, 12 kg da⁻¹ ve 18 kg da⁻¹) ayarlanmıştır. Uygulama kardeşlenme ve başaklanma öncesi iki ayrı dönemde yapılmıştır. Ekim, her biri 5 m × 1 m ölçülerinde olan parsellerde, sıra arası 20 cm olacak şekilde ve metrekareye 500 tohum düşecek şekilde mibzer ile gerçekleştirilmiştir. Ekimle beraber 25 kg da⁻¹ kompoze gübre (20-20-20) uygulanmış, ilkbahar dönemi üst gübre olarak CAN (Kalsiyum amonyum nitrat) gübresi 25 kg da⁻¹ hesabıyla uygulanmıştır. Yağışın yetersiz olduğu 2022 yılında sulama

yapılmıştır. Hasat işlemi elle yapılmıştır. Her parselden kenar tesirleri çıkarılmıştır. Ölçümler için her parselden 10'ar adet bitki (sap ve başaklı) alınmıştır. Çalışmada başaklanma tarihi, başakta tane ağırlığı,

başakta tane sayısı, bitki boyu, tane verimi, SPAD (Klorofilmetre) değeri, NDVI (Normalize edilmiş vejetasyon indeksi) değeri, hektolitre ağırlığı ve protein oranına ilişkin gözlem ve ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Deneme yılları ve uzun yıllara ait ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm) miktarları

Table 2. Average temperature (°C) and rainfall (mm) amounts for the trial years and long years

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)			Yağış (mm)		
	2021	2022	Uzun Yıllar	2021	2022	Uzun Yıllar
Ekim	20	18.6	17.6	0	22.2	32.5
Kasım	10.6	11.4	9.8	54	15.2	55.9
Aralık	4.7	3.9	4.1	27.6	15.6	71.2
Ocak	4.1	2	1.8	39.1	39.9	69.7
Şubat	7	7	3.7	40.2	26.8	67.2
Mart	8.4	5.7	8.3	43.6	63.8	67.2
Nisan	15.9	16.8	13.8	5.6	11.2	68.3
Mayıs	23.8	18.4	19.3	2.8	83.4	44.4
Haziran	27.9	27.6	26.1	0	7.4	8.6
Ort.	15.1	13.6	12.9	21.2	28.5	49.0

2.5. İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin varyans analizi Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar LSD (%5) testine göre gruplandırılmıştır. Analizler, JMP-Pro13 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Başaklanma süresi, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı verileri değerlendirildiğinde, potasyum gübrelemesi dozlarının başaklanma süresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Başaklanma süresi açısından en düşük gün sayısı 6 kg da⁻¹ potasyum dozu uygulamasından (123.2 gün) elde edilmiştir (Tablo 3). Çeşit × K interaksyonuna göre, Güneyyıldızı 6 kg da⁻¹ ve Meya-2 12 kg da⁻¹ uygulamalarında 120 gün ile en erken başaklanma gerçekleşmiştir. Çeşit ortalamalarına bakıldığında, Meya-2 çeşidi (121.9 gün) en erken başaklanan çeşit olarak belirlenmiştir. Potasyum gübrelemesi, bitkilerde hücre bölünmesini ve büyümesini teşvik ederek gelişim sürecini hızlandırabilir (Zaili ve Alabdaly, 2023). Bu nedenle erken

başaklanma üzerinde etkili olması beklenen bir sonuçtur Benzer şekilde, Kurmanbayeva ve ark. (2021) sülfür içeren gübrelerin başaklanmayı erkene çektiğini bildirmiştir. Ancak Tariq ve Shah (2002) çalışmalarında farklı potasyum dozlarının başaklanma süresini etkilemediğini ifade etmişlerdir. Bu farklılıklar, çeşitlerin genetik özelliklerinden ve çevresel faktörlerden kaynaklanıyor olabilir.

Başakta tane ağırlığı açısından, en yüksek değerler 18 kg da⁻¹ potasyum dozundan (1.8 g) elde edildiği görülmüştür. Çeşit × K interaksyonunda, en düşük başakta tane ağırlığı Dinç çeşidinde 12 kg da⁻¹ potasyum dozu ile (1.5 g), en yüksek ağırlık ise Tekin çeşidinde 18 kg da⁻¹ dozunda (1.97 g) gözlenmiştir. Çeşit ortalamalarına göre, Tekin çeşidi (1.8 g) en yüksek başakta tane ağırlığına sahip olurken, Babil çeşidi (1.62 g) en düşük değeri göstermiştir. Potasyumun tahıl gelişiminde önemli bir besin elementi olduğu ve karbonhidrat taşınımını artırarak tane dolum sürecini iyileştirdiği bilinmektedir. Singh ve ark. (2019), çiftlik gübresi ve potasyum kombinasyonunun başakta tane ağırlığını artırdığını bildirmiştir. Ancak bazı çalışmalarda potasyum dozlarının tane ağırlığı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı ifade edilmiştir (Tariq ve Shah, 2002).

Sonuçların literatür ile tam olarak örtüşmemesi, kullanılan toprak yapısı ve iklim koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Başakta tane sayısı açısından, uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, Güneyyıldızı çeşidi 18 kg da⁻¹ dozda (26.5 adet) en düşük başakta tane sayısını verirken, Tekin çeşidi 18 kg da⁻¹ dozda (37.3 adet) en yüksek değeri göstermiştir. Genel olarak, Tekin çeşidi (33.4 adet) en yüksek, Güneyyıldızı çeşidi (29.5 adet) en düşük ortalama başakta tane sayısına sahip olmuştur. Başakta tane sayısının genetik olarak belirlenmiş bir özellik olması, gübre uygulamalarının bu parametre üzerindeki etkisini sınırlayabilir. Tariq ve Shah (2002) tarafından yapılan çalışmalarda, farklı potasyum dozlarının başakta tane sayısı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Ancak Singh ve ark. (2019), potasyum ve organik gübre kombinasyonunun başakta tane sayısını artırabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular, potasyumun tek başına değil, diğer besin elementleriyle dengeli bir şekilde kullanıldığında başakta tane sayısını artırabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, potasyumun başaklanma süresi ve başakta tane ağırlığı üzerinde belirgin bir etkisi olduğu, ancak başakta tane sayısında anlamlı bir değişim oluşturmadığı görülmektedir. Bulgular, potasyumun bitki gelişimindeki rolüne dair önceki araştırmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir, ancak başakta tane sayısına etkisinin belirgin olmaması, genetik faktörler ve çevresel etmenlerle ilişkilendirilebilir.

Bitki boyu, tane verimi ve SPAD değerleri değerlendirildiğinde, potasyum gübrelemesinin bu parametreler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Bitki boyu açısından, en yüksek değer 18 kg da⁻¹ potasyum dozu ile 83.6 cm, en düşük değer ise 12 kg da⁻¹ doz

uygulanmasında 82.1 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Çeşit × K interaksyonunda, Güneyyıldızı çeşidi 0 kg da⁻¹ dozunda 88.7 cm ile en yüksek bitki boyuna sahip olurken, Eyyubi çeşidi 18 kg da⁻¹ dozunda (87.4 cm) bu değeri takip etmiştir. Çeşit ortalamalarına göre, Güneyyıldızı (86.1 cm), Eyyubi (86.4 cm) ve Babil (85.2 cm) çeşitleri en uzun bitkilere sahip olmuştur. Potasyumun bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkisi, hücre uzamasını teşvik etmesi ve su kullanım verimliliğini artırması ile açıklanabilir. Khan ve ark. (2021), 9 kg da⁻¹ potasyum uygulamasının bitki boyunu anlamlı derecede artırdığını bildirmiştir. Ancak bazı çalışmalar, farklı potasyum dozlarının bitki boyu üzerindeki etkilerinin çevresel faktörlere ve toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini öne sürmektedir (Raza ve ark., 2014).

Tane verimi açısından, en yüksek ortalama verim 12 kg da⁻¹ ve 18 kg da⁻¹ potasyum uygulamaları ile 542.50 kg olarak ölçülmüştür. En düşük tane verimi ise 6 kg da⁻¹ doz uygulamasında (501.2 kg) gözlenmiştir. Çeşit × K interaksyonunda, Tekin çeşidi 18 kg da⁻¹ dozunda (603.7 kg) en yüksek verimi gösterirken, Meya-2 çeşidi 12 kg da⁻¹ dozunda (487.5 kg) en düşük verimi vermiştir. Çeşit ortalamalarına göre, Tekin (672.5 kg) en yüksek, Meya-2 ve Eyyubi (455.0 kg) en düşük tane verimine sahip olmuştur. Potasyumun tane verimi üzerindeki etkisinin, su kullanımını iyileştirerek ve fotosentez kapasitesini artırarak sağlandığı bilinmektedir (Duric ve ark., 2019). Ayrıca, potasyumun stomatal açıklıkları düzenleyerek bitkinin kuraklık stresine karşı direncini artırdığı bildirilmektedir (Ullah ve ark., 2018). Ancak, bazı çalışmalar, yüksek potasyum dozlarının verim artışına katkısının belirli bir seviyeden sonra azaldığını ve aşırı gübre kullanımının verim üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini belirtmektedir (Khan ve ark., 2007).

Tablo 3. Başaklanma gün sayısı, başakta tane sayısı ve ağırlığına ait ortalamalar ve oluşan gruplar**Table 3.** Averages of the number of days to heading, number and weight of grains per spike, and the groups formed

Çeşit	Doz (kg da ⁻¹)	Başaklanma gün sayısı			Başakta tane ağırlığı			Başakta tane sayısı		
		2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.
Gyıldızı	0	118.3	132.7	125.5	1.9	1.8	1.9	35.4	29.9	32.7
	6	116.7	123.3	120.0	1.6	1.7	1.7	29.2	28.4	28.8
	12	117.7	126.3	122.0	1.9	1.7	1.8	33.3	26.9	30.1
	18	114.3	130.7	122.5	1.8	1.7	1.7	25.5	27.5	26.5
Meya-2	0	119.3	124.3	121.8	1.6	1.7	1.7	31.5	27.8	29.6
	6	119.0	128.0	123.5	1.8	1.6	1.7	30.3	25.1	27.7
	12	116.7	123.3	120.0	1.5	1.9	1.7	27.6	33.4	30.5
	18	118.3	126.0	122.2	1.9	1.9	1.9	36.4	32.5	34.5
Eyyubi	0	129.3	128.0	128.7	1.8	2.0	1.9	31.7	33.4	32.5
	6	127.3	129.3	128.3	1.6	2.0	1.8	25.7	34.9	30.3
	12	128.0	129.3	128.7	1.6	1.9	1.8	35.0	32.2	33.6
	18	129.0	123.7	126.3	1.7	1.8	1.8	28.6	30.0	29.3
Tekin	0	119.0	126.3	122.7	1.7	2.1	1.9	28.9	37.5	33.2
	6	121.0	125.0	123.0	1.8	2.1	1.9	34.5	36.2	35.4
	12	118.7	126.7	122.7	1.5	1.7	1.6	27.7	28.3	28.0
	18	118.7	132.7	125.7	1.7	2.2	2.0	35.3	39.2	37.3
Dinç	0	121.0	124.7	122.8	1.6	1.7	1.6	33.1	32.2	32.7
	6	121.7	120.7	121.2	1.7	1.8	1.8	33.9	31.0	32.5
	12	118.3	124.0	121.2	1.4	1.7	1.5	32.8	28.5	30.7
	18	121.0	128.7	124.8	1.5	1.8	1.7	36.7	30.9	33.8
Babil	0	121.3	129.7	125.5	1.7	1.7	1.7	33.9	27.0	30.5
	6	122.0	124.0	123.0	1.7	1.7	1.7	33.1	28.0	30.6
	12	124.0	130.3	127.2	1.6	1.9	1.8	36.6	31.9	34.3
	18	122.7	130.7	126.7	1.4	2.1	1.8	25.0	37.6	31.3
Ort.		121.0	127.0	124.0	1.7	1.8	1.8	31.8	31.3	31.5
	0	121.4	127.6	124.5	1.7	1.8	1.8	32.4	31.3	31.9
	6	121.3	125.1	123.2	1.7	1.8	1.8	31.1	30.6	30.9
	12	120.6	126.7	123.6	1.6	1.8	1.7	32.2	30.2	31.2
	18	120.7	128.7	124.7	1.7	1.9	1.8	31.3	33.0	32.1
	Gyıldızı	116.7g	128.2a	122.5cd	1.8bcd	1.7cde	1.8	30.9	28.2	29.5
	Meya-2	118.3fg	125.4bc	121.9d	1.7c-f	1.79b-e	1.7	31.4	29.7	30.6
	Eyyubi	128.4a	127.6ab	128.0a	1.7c-f	1.91ab	1.8	30.3	32.6	31.4
	Tekin	119.3f	127.7a	123.5c	1.7 def	2.0 a	1.9	31.6	35.3	33.5
	Dinç	120.5ef	124.5cd	122.5cd	1.5f	1.78b-e	1.7	34.1	30.7	32.4
	Babil	122.5de	128.7a	125.6b	1.62ef	1.8bc	1.7	32.2	31.1	31.6
	DK %	2.96			15.34			20.02		
	AÖF	Yıl: 0.91**			Yıl: 0.067**					
		Çeşit: 1.57**			Yıl*Çeşit: 0.17*					
		Yıl*Çeşit: 2.21**								

DK: Düzeltme katsayısı, AÖF: Asgari önemli farklılık, *, **: sırasıyla p<0.05 ve p<0.01 seviyesinde önemlidir. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak önemli farklılık bulunmamaktadır.

SPAD değeri açısından, en yüksek değer 12 kg da⁻¹ potasyum uygulaması ile 51.61, en düşük değer ise 6 kg da⁻¹ dozunda 50.7 olarak ölçülmüştür. Çeşit × K interaksiyonunda, Tekin çeşidi 0 kg da⁻¹ dozunda (53.3) en yüksek, Güneyyıldızı çeşidi 0 kg da⁻¹ dozunda (49.0) en düşük SPAD değerine sahip

olmuştur. Çeşit ortalamalarına göre, Meya-2 (50.9) en yüksek, Babil (49.7) en düşük SPAD değerini göstermiştir. SPAD değeri, bitkide klorofil içeriğini gösteren önemli bir fizyolojik belirteçtir ve genellikle bitki besin durumu ile ilişkilidir. Freitas ve ark. (2018), 14.7 kg da⁻¹ potasyum uygulamasının en yüksek SPAD değerini verdiğini ve potasyumun klorofil

sentezi üzerindeki olumlu etkisini desteklediğini bildirmiştir. Heybet (2013) ise potasyum uygulamalarının klorofil miktarını %73 oranında artırdığını rapor etmiştir. Bu bulgular, potasyumun bitki büyümesini ve verimini olumlu yönde etkileyen bir besin elementi olduğunu doğrulamaktadır. Ancak, optimum potasyum dozunun belirlenmesi, tarımsal verimlilik açısından kritik bir rol

oynamaktadır. Çalışmada en yüksek tane veriminin 12 kg da⁻¹ ve 18 kg da⁻¹ dozlarında elde edilmesi, potasyumun doğru seviyelerde uygulandığında verim artışına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bitki boyu ve SPAD değeri üzerindeki etkilerin çeşitlere göre değişkenlik göstermesi, genetik faktörlerin ve çevresel etmenlerin önemini ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Bitki boyu, tane verimi ve SPAD değerine ait ortalamalar ve oluşan gruplar

Table 4. Averages and groups of plant height, grain yield and SPAD value

Çeşit	Doz (kg da ⁻¹)	Bitki boyu			Tane verimi			SPAD		
		2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.
Gyıldızı	0	83.1	94.4	88.7	697.5	482.5	590.0	54.1	43.9	49.0
	6	73.2	95.8	84.5	532.5	445.0	488.8	56.6	43.9	50.3
	12	74.8	93.8	84.3	617.5	475.0	546.3	57.0	48.3	52.6
	18	78.5	95.6	87.0	577.5	460.0	518.8	55.0	48.4	51.7
Meya-2	0	71.4	86.8	79.1	475.0	500.0	487.5	57.8	45.5	51.7
	6	77.0	83.7	80.4	577.5	425.0	501.3	54.4	44.7	49.6
	12	69.8	82.7	76.3	492.5	452.5	472.5	56.3	45.8	51.1
	18	76.1	82.1	79.1	530.0	445.0	487.5	54.3	45.6	50.0
Eyyubi	0	79.3	91.8	85.5	740.0	457.5	598.8	56.4	45.7	51.1
	6	80.6	90.6	85.6	517.5	447.5	482.5	58.2	46.8	52.5
	12	85.1	88.8	87.0	622.5	435.0	528.8	54.6	47.4	51.0
	18	84.1	90.8	87.4	670.0	482.5	576.3	54.0	47.1	50.5
Tekin	0	73.8	83.6	78.7	427.5	635.0	531.3	47.6	59.0	53.3
	6	81.4	81.9	81.6	485.0	650.0	567.5	45.1	60.9	53.0
	12	75.5	84.6	80.1	525.0	665.0	595.0	45.3	60.0	52.6
	18	78.1	86.2	82.2	465.0	742.5	603.8	44.2	57.9	51.1
Dinç	0	74.4	86.9	80.7	520.0	462.5	491.3	43.3	62.3	52.8
	6	66.2	86.7	76.5	457.5	457.5	457.5	44.4	55.6	50.0
	12	73.4	85.8	79.6	457.5	607.5	532.5	44.3	59.9	52.1
	18	71.4	88.7	80.0	440.0	525.0	482.5	42.3	59.3	50.8
Babil	0	75.0	92.9	83.9	445.0	557.5	501.3	44.6	51.7	48.2
	6	75.8	94.4	85.1	450.0	572.5	511.3	49.2	49.1	49.2
	12	76.7	94.7	85.7	497.5	662.5	580.0	48.9	51.5	50.2
	18	77.3	94.5	85.9	455.0	722.5	588.8	48.4	54.0	51.2
	Ort.	76.3	89.1	82.7	527.5	532.5	530.0	50.7	51.4	51.1
	0	76.2	89.4	82.8	550.0	515.0	532.5	50.6	51.4	51.0
	6	75.7	88.8	82.3	502.5	500.0	501.3	51.3	50.2	50.8
	12	75.9	88.4	82.2	535.0	550.0	542.5	51.1	52.2	51.6
	18	77.6	89.6	83.6	522.5	562.5	542.5	49.7	52.1	50.9
	Gyıldızı	77.4de	94.9a	86.1a	605.0	465.0	2.6a	55.7ab	46.1d	50.9
	Meya-2	73.6ef	83.8c	78.7b	517.5	455.0	2.5a	55.7ab	45.4d	50.6
	Eyyubi	82.3cd	90.5ab	86.4a	637.5	455.0	2.1b	55.8ab	46.7d	51.3
	Tekin	77.2de	84.1c	80.6b	475.0	672.5	1.9b	45.6d	59.4a	52.5
	Dinç	71.3f	87.0bc	79.2b	467.5	512.5	1.8b	43.6d	59.3a	51.4
	Babil	76.2ef	94.1a	85.2a	462.5	627.5	1.8b	47.9cd	51.6bc	49.7
	DK %	5.79			15.19			5.48		
	AÖF	Yıl: 2.21**			Çeşit: 0.23**			Yıl*Çeşit: 4.57**		
		Çeşit: 3.83**								
		Yıl*Çeşit: 5.41*								

DK: Düzeltme katsayısı, AÖF: Asgari önemli farklılık, *, **: sırasıyla p < 0.05 ve p < 0.01 seviyesinde önemlidir. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak önemli farklılık bulunmamaktadır.

NDVI, hektolitre ağırlığı ve protein oranı değerlendirildiğinde, potasyum gübrelemesinin bu parametreler üzerindeki etkisinin farklı derecelerde istatistiksel önem taşıdığı belirlenmiştir (Tablo 5). NDVI değerleri yıl faktörüne bağlı olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuş olup ($p<0.01$), hektolitre ağırlığı ve protein oranı değerleri ise çeşit, yıl ve yıl \times çeşit interaksyonu açısından %1 düzeyinde farklılık göstermiştir ($p<0.01$).

NDVI açısından, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak çeşit \times potasyum dozu interaksyonu incelendiğinde, en yüksek NDVI değeri Dinç çeşidinde 12 kg da⁻¹ potasyum uygulaması ile (0.6), en düşük değer ise Güneyyıldızı 12 kg da⁻¹ ve Meya-2 18 kg da⁻¹ dozlarında (0.53) elde edilmiştir. Çeşit ortalamalarına göre, Güneyyıldızı ve Babil çeşitleri (0.56) en düşük, Tekin çeşidi (0.60) en yüksek NDVI değerine sahip olmuştur. NDVI, bitkinin fotosentetik kapasitesini ve biyokütle üretimini gösteren bir parametre olduğundan, potasyum gübrelemesi ile doğrudan ilişkili olabilir. Ancak bu çalışmada farklı potasyum dozlarının NDVI üzerinde istatistiksel olarak belirgin bir etki göstermemesi, genetik farklılıklar ve çevresel faktörlerin bu parametre üzerindeki etkisinin daha baskın olabileceğini düşündürmektedir. Walsh (2020), potasyum gübrelemesinin NDVI değerini belirgin şekilde artırmadığını, ancak bitki azot içeriği üzerinde olumlu bir etkisi olabileceğini bildirmiştir. Freitas ve ark. (2018) ise, 14.7 kg da⁻¹ potasyum uygulamasının en yüksek NDVI değerini sağladığını ve potasyumun bitki gelişimi için kritik bir besin elementi olduğunu vurgulamıştır.

Hektolitre ağırlığı bakımından, potasyum dozları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek hektolitre ağırlığı 12 kg da⁻¹ uygulama dozunda (79.9 kg), en düşük değer ise kontrol uygulamasında (79.4 kg) elde edilmiştir. Çeşit \times K interaksyonunda, ilk yıl en yüksek hektolitre ağırlığı 18 kg da⁻¹ doz uygulanan Eyyubi çeşidinde (81.9 kg), en düşük değer ise 6 kg da⁻¹ doz uygulanan Babil çeşidinde (77.2

kg) belirlenmiştir. İkinci yıl ise en yüksek değer 6 kg da⁻¹ doz uygulamasıyla Tekin çeşidinde (81.7 kg), en düşük değer ise 0 kg da⁻¹ dozunda Meya-2 çeşidinde (74.8 kg) gözlemlenmiştir. Çeşit ortalamalarına göre, ilk yıl en yüksek hektolitre ağırlığı Meya-2 (80.8 kg) ve Eyyubi (80.9 kg), en düşük ise Babil (77.7 kg) çeşidinde kaydedilmiştir. İkinci yıl ise Tekin (81.0 kg) en yüksek, Meya-2 (76.2 kg) en düşük hektolitre ağırlığına sahip olmuştur. Hektolitre ağırlığı, tahıl kalitesinin belirleyicilerinden biri olup, potasyum gübrelemesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Potasyum, tane dolum sürecini düzenleyerek hektolitre ağırlığını artırabilir. Ullah ve ark. (2018), potasyum dozlarının hektolitre ağırlığı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında 10 kg da⁻¹ üzerinde potasyum uygulamalarının hektolitre ağırlığını artırdığını rapor etmiştir. Ancak Duncan ve ark. (2018), potasyumun azot kullanım etkinliğini artırdığını, fakat hektolitre ağırlığı üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu belirtmiştir.

Protein oranı açısından, potasyum dozu uygulamalarına göre en yüksek değer 0 kg da⁻¹ uygulama dozunda (%15.15), en düşük değer ise 18 kg da⁻¹ dozunda (%14.8) belirlenmiştir. Çeşit \times K interaksyonunda en yüksek protein oranı Meya-2 çeşidinde 0 kg da⁻¹ doz uygulamasında (%15.7), en düşük ise Eyyubi çeşidinde 0 kg da⁻¹ dozunda kaydedilmiştir. Çeşit ortalamalarına göre, Tekin (%16.5) en yüksek, Babil (%14.3) en düşük protein oranına sahip olmuştur. Protein oranının azalan potasyum dozlarıyla artış göstermesi, potasyumun tane dolum sürecinde azot alımını etkileyerek protein sentezine olan katkısını düşündürmektedir. Walsh (2020), potasyumun buğdaydaki azot içeriği üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve bu durumun protein sentezine katkı sağlayabileceğini bildirmiştir. Ancak Duncan ve ark. (2018), potasyumun azot kullanım verimliliğini artırdığını, ancak protein oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını rapor etmiştir. Çalışmamızda potasyum gübrelemesinin protein oranını belirgin bir şekilde artırmadığı gözlenmiştir, bu durum toprakta bulunan mevcut azot miktarıyla ilişkili olabilir.

Bu sonuçlar, potasyumun hektolitre ağırlığı gibi kalite parametreleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu, ancak NDVI ve protein oranı üzerinde sınırlı bir değişim oluşturduğunu göstermektedir. Bulgular, potasyumun tane gelişimi ve dolun sürecini etkileyerek kaliteyi iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu doğrulamaktadır. Ancak, NDVI ve protein oranı gibi parametrelerin genetik yapı ve

çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilenmesi nedeniyle, potasyum dozlarının etkisi farklı koşullarda değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, potasyum gübrelemesi ile birlikte azot ve diğer besin elementlerinin dengeli kullanımı, tahıl kalitesinin artırılması açısından kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 5. NDVI, hektolitre ağırlığı ve protein oranına ait ortalamalar ve oluşan gruplar

Table 5. Averages and groups of NDVI, hectoliter weight and protein ratio

Çeşit	Doz (kg da ⁻¹)	NDVI			Hektolitre ağırlığı			Protein oranı		
		2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.	2021	2022	Ort.
Gyıldızı	0	0.62	0.49	0.56	78.1	77.5	77.8	17.5	13.0	15.3
	6	0.59	0.48	0.54	78.6	76.9	77.8	18.1	12.3	15.2
	12	0.57	0.48	0.53	79.9	76.3	78.1	15.9	13.4	14.7
	18	0.62	0.47	0.55	78.7	77.2	77.9	17.2	12.5	14.9
Meya-2	0	0.62	0.5	0.56	80.2	74.8	77.5	17.4	14.0	15.7
	6	0.64	0.5	0.57	81.2	76.1	78.7	16.3	13.0	14.7
	12	0.61	0.51	0.56	81.0	75.8	78.4	16.7	13.6	15.2
	18	0.59	0.47	0.53	80.8	78.1	79.5	17.1	12.9	15.0
Eyyubi	0	0.63	0.49	0.56	80.9	77.6	79.3	15.6	12.6	14.1
	6	0.64	0.54	0.59	79.8	77.6	78.7	16.6	12.9	14.7
	12	0.61	0.53	0.57	80.9	78.2	79.6	16.0	12.3	14.2
	18	0.62	0.53	0.58	81.9	77.3	79.6	16.1	12.7	14.4
Tekin	0	0.65	0.54	0.6	79.5	80.3	79.9	16.8	13.6	15.2
	6	0.59	0.56	0.58	81.1	81.7	81.4	16.0	14.0	15.0
	12	0.6	0.58	0.59	80.2	81.1	80.6	17.1	13.7	15.4
	18	0.61	0.57	0.59	81.0	81.0	81.0	16.6	13.9	15.3
Dinç	0	0.59	0.55	0.57	79.5	77.1	78.3	15.7	14.9	15.3
	6	0.55	0.51	0.53	80.1	81.1	80.6	15.8	13.1	14.5
	12	0.64	0.56	0.6	79.8	79.7	79.8	16.0	13.8	14.9
	18	0.58	0.55	0.57	79.2	81.4	80.3	16.3	12.2	14.2
Babil	0	0.6	0.5	0.55	78.0	78.9	78.5	16.1	15.0	15.6
	6	0.58	0.53	0.56	77.2	78.6	77.9	16.2	14.6	15.4
	12	0.64	0.45	0.55	77.9	78.6	78.3	15.8	14.2	15.0
	18	0.56	0.51	0.54	77.9	80.2	79.0	16.1	13.4	14.8
Ort.		0.61	0.52	0.57	79.7	78.5	79.1	16.5	13.4	14.9
	0	0.62	0.51	0.57	79.4	77.7	78.5	16.5	13.9	15.2
	6	0.6	0.52	0.56	79.7	78.7	79.2	16.5	13.3	14.9
	12	0.61	0.52	0.57	80.0	78.3	79.1	16.3	13.5	14.9
	18	0.6	0.52	0.56	79.9	79.2	79.5	16.6	12.9	14.8
	Gyıldızı	0.6	0.48	0.54	78.8cd	76.9ef	77.9d	17.2a	12.8fg	15.0
	Meya-2	0.62	0.5	0.56	80.8a	76.2f	78.5cd	16.9ab	13.4efg	15.1
	Eyyubi	0.62	0.53	0.57	80.9a	77.7de	79.3bc	16.0bc	12.6g	14.3
	Tekin	0.61	0.56	0.59	80.5ab	81.0a	80.7 a	16.6abc	13.8de	15.2
	Dinç	0.59	0.54	0.57	79.6abc	79.8abc	79.7ab	15.9c	13.5def	14.7
	Babil	0.59	0.5	0.55	77.7de	79.1bcd	78.4cd	16.0bc	14.3d	15.2
	DK %		7.14			5.43		9.46		
	AÖF		Yıl: 0.021**		Yıl: 0.6**	Çeşit 1.47**		Yıl: 0.36**		Yıl*Çeşit: 0.89**
					Yıl*Çeşit: 1.04**					Gübre 0.575**

DK: Düzeltme katsayısı, AÖF: Asgari önemli farklılık, *, **: sırasıyla p < 0.05 ve p < 0.01 seviyesinde önemlidir. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak önemli farklılık bulunmamaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonucunda, potasyum uygulama dozlarının buğdayın verim ve kalite parametreleri üzerinde önemli etkiler sağladığı belirlenmiştir. Özellikle 18 kg da⁻¹ dozu, başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı, bitki boyu, tane verimi ve hektolitre ağırlığı gibi birçok parametrede en yüksek değerleri vermiştir. 12 kg da⁻¹ uygulama dozu, tane verimi, SPAD ve NDVI değerlerini artırırken, 6 kg da⁻¹ dozu başaklanma tarihini öne çekmiştir. Tekin ekmeçlik buğday çeşidi başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı, tane verimi, hektolitre ağırlığı ve protein oranı gibi parametrelerde en yüksek değerleri sergilemiştir. 18 kg da⁻¹ dozu Tekin çeşidinde başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı ve tane verimini en yüksek seviyede sağlarken, kontrol dozu Güneyyıldızı makarnalık buğday çeşidinde bitki boyu bakımından en yüksek sonucu vermiştir. 12 kg da⁻¹ dozunda Dinç ekmeçlik buğday çeşidi NDVI değeri, Meya-2 makarnalık buğday çeşidi ise başaklanma tarihi bakımından en iyi performansı göstermiştir. 6 kg da⁻¹ dozunda ise Tekin çeşidi hektolitre ağırlığı bakımından en yüksek, Güneyyıldızı buğday çeşidi ise başaklanma tarihi yönünden en düşük değeri vermiştir. Araştırma bulgularına göre, potasyum uygulama dozunun artmasıyla verim ve kalite kriterlerinin olumlu yönde etkilendiği görülmüştür. Tekin çeşidi, verim açısında diğer çeşitlerle kıyaslandığında daha iyi performans sergileyerek özellikle 18 kg da⁻¹ dozunda en yüksek değerleri elde etmiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Abo Basha, D.M., El Sayed, S., Badr, E.A., 2024. Evaluation of mineral fertilizer with silicon (SI) foliar application on growth, yield production and nutrient status of wheat under sandy soil conditions. *Egyptian Journal of Chemistry*, 67(13): 229-239.
- Alkan, M., Bayraktar, H., İmren, M., Özdemir, F., Lahlali, R., Mokrini, F., Özer, G., 2022. Monitoring of host suitability and defense-related genes in wheat to *Bipolaris sorokiniana*. *Journal of Fungi*, 8(2): 149.
- Bozoğlu, T., Derviş, S., İmren, M., Amer, M., Özdemir, F., Paulitz, T.C., Morgounov, A., Abdelfettah, A.D., Özer, G., 2022. Fungal pathogens associated with crown and root of wheat in central, eastern, and southeastern Kazakhstan. *Journal of Fungi*, 8(5): 417.
- Demirel, F., Eren, B., Yılmaz, A., Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Niedbała, G., Bujak, H., Jamshidi, B., Pour-Aboughadareh, A., Bocianowski, J., Nowosad, K., 2023. Prediction of grain yield in wheat by CHAID and MARS algorithms analyses. *Agronomy*, 13(6): 1438.
- Duncan, G.E., O'Sullivan, A.C., Roper, M.M., Biggs, S.J., Peoples, B.M., 2018. Influence of co-application of nitrogen with phosphorus, potassium and sulphur on the apparent efficiency of nitrogen fertilizer use, grain yield and protein content of wheat. *Field Crops Research*, 226: 56-65.
- Duric, N., Perisic, V., Terzic, D., 2019. Winter wheat yield and quality depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Agriculture and Forestry*, 65(2): 79-88.
- El-Hamdi, K., Omar, M., El-Gendy, M., 2019. Yield and nutrient concentrations of wheat plants as affected by the interaction between organic manures, phosphorus and potassium fertilizers. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 10(2): 99-105.

- El-Nahas, B.H., Dahdouh, S.M.M., Abu-Hashim, M.S.D., Merwad, A.M.A., 2019. Effect of potassium sources and soil amendments with silicate dissolving bacteria on availability of potassium in clayey soil cultivated with wheat plants. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 46(4): 1089-1102.
- Freitas, C.D., Bonfim-Silva, M.E., Silva, A. J.T., Sousa, H.H., Koetz, M., Schlichting, F.A., Guimaraes, L.S., 2018. Nitrogen and potassium fertilization on the development and chlorophyll index of irrigated wheat in the Cerrado, Central Brazil. *Federal University of Mato Grosso, Institute of Agricultural and Technological Sciences*, 78: 735-901.
- Güney, İ.G., Derviş, S., Özer, G., Aktaş, H., Keske, M.A., 2024. Determination of Antagonistic Activities of endophytic bacteria isolated from different wheat genotypes against *Fusarium culmorum*. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 10(1): 96-116.
- Heybet, E.H., 2013. Magnezyum ve potasyum beslenmeleri ile kuraklığın, buğdayda (*Triticum aestivum* CV. Adana 99) çinko, magnezyum ve potasyumun floem taşınımına etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- İpekeşen, S., Akyıldız, M.İ., Alp, A. 2023. Evaluation of yield and quality traits of advanced bread wheat lines under Diyarbakir province irrigated conditions by GGE biplot technique. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1): 107-123.
- Jamal, A., Jamal, H., 2018. Assessment and distribution of macro and micro nutrients in different soil series of district Swabi, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Journal of Horticulture and Plant Research*, 2: 23-32.
- Kahraman, T., 2006. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde farklı ekim zamanı ve azotlu gübreleme uygulamalarının, tane dolum suresi ve tane dolum oranı ile verim ve kalite unsurlarına etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Kara, B., 2014. Potassium use efficiency of some bread wheat cultivars. *Biological Diversity and Conservation*, 7(2): 105-109.
- Khan, A.A., Khan, I., Khan, M.F., Liaqat, W., Muhammad, A., Shahenshah, K., Anwar, S., 2021. Phenology, growth, yield and nitrogen uptake of wheat in response to nitrogen, potassium and their application methods effect of nitrogen and potassium on growth of wheat. *Biological Sciences-PJSIR*, 64(2): 142-159.
- Khan, R., Gurmani, A.R., Gurmani, A.H., Zia, M.S., 2007. Effect of potassium application on crop yields under wheat rice system. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(2): 277.
- Kharipzhanova, A., Dutbayev, Y., Erginbas-Orakci, G., Dababat, A.A., Korkulu, Ş.G., Aydın, S., Kokhmetova, A., 2024. Identification and management of *Bipolaris sorokiniana* in wheat and barley in Southeast Kazakhstan. *Brazilian Journal of Biology*, 84: e288758.
- Kızılgöçü, F., 2014. Klorofil metrenin makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) açılma kuşaklarında azot kullanım etkinliği ve tane verimi yönünden seleksiyon aracı olarak kullanılabilirliği. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Kurmanbayeva, M., Sekerova, T., Tileubayeva, Z., Kaiyrbekov, T., Kusmangazinov, A., Shapalov, S., Madenova, A., Burkitbayev, M., Bachilova, N., 2021. Influence of new sulfur-containing fertilizers on performance of wheat yield. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28: 4644-4655.

- Laasli, S.E., Imren, M., Özer, G., Mokrini, F., Lahlali, R., Bert, W., Dababat, A. A., 2022. Interaction of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) and crown rot fungus (*Fusarium culmorum*) associated with spring wheat resistance under simulated field conditions. *Phytoparasitica*, 50(4): 789-809.
- Öner, N., Tenikecier, N., 2022. Yaprak gübresinin buğday yapraklarında besin elementleri içeriğine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3):449-456.
- Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ., Atlı, A., 2016. Buğday genetik kaynaklarından yerel ve kültür çeşitlerine; Türkiye'de buğday ve ekmek. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2):218-233.
- Özer, G., Erper, İ., Yıldız, Ş., Bozoğlu, T., Zholdoshbekova, S., Alkan, M., Tekin, F., Tair, E.U., İmren, M., Abdelfettah, A.D., Derviş, S., 2023. Fungal pathogens associated with crown and root rot in wheat-growing areas of Northern Kyrgyzstan. *Journal of Fungi*, 9(1):124.
- Pela, A., Miyazawa, M., Gil, L.G., Broch, D., Arf, M., Reis, R. A., Tiski, I., 2020. Enhanced efficiency potassium fertilizer in soybean and cotton crop. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 15: 118-125.
- Popović, V., Ljubičić, N., Kostić, M., Radulović, M., Blagojević, D., Ugrešević, V., Popović, D., Ivošević, B. 2020., Genotype × environment interaction for wheat yield traits suitable for selection in different seed priming conditions. *Plants*, 9(12):1804.
- Rahman, A., Rahman, M.M., Hasan, M.M., Begum, F., Sarker, M.A.Z., 2014. Effects of foliar application of potassium orthophosphate on grain yield and kernel quality of wheat (*Triticum aestivum*) under terminal heat stress. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(1):67-77.
- Raza, S.A.M., Saleem, F.M., Shah, M.G., Khan, H.I., Raza, A., 2014. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(2): 348-364.
- Saha, P.K., Hossain, A.T.M.S., Miah, M.A. M., 2010. Effect of potassium application on wheat (*Triticum aestivum* L.) in old Himalayan Piedmont Plain. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(2): 207-216.
- Sharma, P, R., Sepehya, S., Kumar, P., Sharma, G.D., 2017. Influence of potassium, zinc and boron on productivity of wheat in an acid Alfisol. *Himachal Journal of Agricultural Research*, 43(1): 16-22.
- Singh, P., Agrawal, K.V., Singh, Y.V., 2019. Effect of potassium and FYM on growth parameters, yield and mineral composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) in alluvial soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3): 24-27.
- Tamer, N., 2011. Organik toprak düzenleyicilerin toprağın enzim aktiviteleri ile buğday verim ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tariq, M., Shah, M., 2002. Response of wheat to applied soil potassium. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(4): 470-471.
- Ullah, G., Khan, A.E., Khakwani, A.A., 2018. Physiological response of spring wheat to seeding and potassium application rates. *Pakistan Journal of Botany*, 50(3):937-947.
- Verma, G., Kaur, C., 2022. Potassium management for improving mash grain yield in a field experiment at regional research station, Gurdaspur. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(24): 717-725.

- Walsh, O.S., 2020. Nitrogen and potassium fertilization in no-till hard red spring wheat production. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1): e20018.
- Yaraşır, N., Ereku, O., Yiğit, A., 2018. Farklı dozlarda sıvı biyogaz fermentasyon atıklarının ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinin verim ve kalite üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 9-16.
- Yılmaz, H., Karatas, R., Demirel, F., Soysal, S., Türkoğlu, A., Yılmaz, A., Ciftci, V., 2024. Variations in protein, gluten, Zeleny sedimentation and yield of certain wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under different climatic conditions. *Euphytica*, 220(12):190.
- Yılmaz, H., Yılmaz, A., 2025. Hidden hunger in the age of abundance: the nutritional pitfalls of modern staple crops. *Food Science & Nutrition*, 13(2): e4610.
- Yılmaz, A., Yılmaz, İ.H., 2024. Bolu ekolojik koşullarına uygun soya (*Glycine max* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 10(2): 273-281.
- Yılmaz, A., Yildirim, E., Yılmaz, H., Soydemir, H.E., Güler, E., Ciftci, V., Yaman, M., 2023. Use of arbuscular mycorrhizal fungi for boosting antioxidant enzyme metabolism and mitigating saline stress in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Sustainability*, 15(7): 5982.
- Yolcu, M.S., Yılmaz, A., 2025. Biostimulant-driven enhancement of bioactive compounds in salt-stressed sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *South African Journal of Botany*, 178: 318-329.
- Yorulmaz, L., Ipekesen, S., Oner, M., Akinci, C., Bicer, B.T. 2025. Screening of drought tolerant level of some wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) under water stress. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(1): 197-208.
- Zaili, S.A., Alabdaly, M.M. 2023. Responce of growth and yield of local garlic allium sativum to potassium fertilization and planting date *Anbar Journal of Agricultural Sciences*, 12(1): 54-63.

Atıf Şekli

Daşkın, S., Alp, A., 2025. Farklı Potasyum Uygulama Dozlarının Buğday (*Triticum* spp.) Verim ve Kalite Unsurları Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1): 277-289.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14908667>.

To Cite

Daşkın, S., Alp, A., 2025. Determination of the Effects of Different Potassium Application Doses on Yield and Quality Parameters of Wheat (*Triticum* spp.). *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 277-289.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14908667>.



Türkiye'nin Farklı Bölgelerinde Yetiştirilen Siyah Alaca Irkı Buzağlarının Yaşama Gücünün Karşılaştırılması

Muzaffer ÇEVİK ^{1*}, Seyrani KONCAGÜL ²

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Şırnak

² Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Ankara

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): muzaffercevik1905@gmail.com

Özet

Bu çalışma, Türkiye'de farklı bölgelerde bulunan yedi farklı ildeki büyük ölçekli süt sığırcılığı işletmelerinin sahip olduğu Siyah Alaca ırkına ait buzağlarda yaşama gücü oranının, yıllara göre gösterilmesi ve farklı illerde yer alan işletmelerin sahip olduğu buzağların doğumundan altı aylık oluncaya kadar yaşama gücünün karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Çalışmada yer alan toplam hayvan sayısı 20281 baş buzağı olup ve bu buzağların 18563 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Bu çalışmada sağlıklı bir sonuca ulaşabilmek amacıyla yedi farklı ilde bulunan büyük ölçekli süt sığırcılığı işletmelerinden alınan veriler il bazında 6 aylık buzağların yaşama gücü t-testi ve il düzeyinde karşılaştırmaları ise one-way ANOVA yöntemi ile analiz edilmiştir. Ortalama yaşama gücü %91.5 olarak tespit edilmiştir. Şanlıurfa, Niğde, Konya, İzmir, Muğla, Tekirdağ ve Kırklareli illerinde bulunan büyük ölçekli işletmelerdeki yaşama gücü değerleri sırasıyla %91.0, %87.6, %95.1, %90.0, %93.0, %91.9 ve %92.6 olarak elde edilmiştir. İl bazında incelendiğinde, Niğde ilindeki işletmenin sahip olduğu 6 aylık buzağların yaşama gücü değerinin diğer illerdeki işletmelerin sahip olduğu buzağların yaşama gücüne göre oldukça düşük olduğu, Konya ilindeki işletmenin ise diğerlerine göre oldukça yüksek yaşama gücü değerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Bu sonuçlara göre, Konya'da ulaşılan yüksek yaşama gücü oranının diğer illerde de sağlanabilmesi için besleme ve çevresel faktörlerin olumsuz etkilerinin azaltılması ile işletme odaklı olumsuz etkilerin daha kapsamlı çalışmalar sayesinde ortadan kaldırılması gerekmektedir. Dolayısıyla, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan Siyah Alaca işletmelerinin sahip olduğu buzağların ölüm oranını azaltma yönünde işletme bazlı faktörler dikkate alınarak bölge ve ülke genelinde yaşama gücü oranının artırılması sonucunda daha fazla buzağı sayısı ile işletmelerin daha karlı ve verimli üretim yapabileceği sonucuna varılmıştır.

Comparison of Survival of Black Alaca Calves Raised in Different Regions of Türkiye

Abstract

The objective of this study was to ascertain the survival rate of calves belonging to the Black Alaca breed, as owned by large-scale dairy farms in seven different provinces across various regions of Turkey. A further objective was to compare the survival rate of calves from birth to six months of age, as owned by the farms in different provinces. The total number of animals included in the study was 20281 calves, of which 18563 survived at the end of six months. In order to reach a healthy result in this study, the data obtained from large-scale dairy cattle farms in seven different provinces were analyzed by t-test and one-way ANOVA method to compare the survival of 6-month-old calves at provincial level. The average survival rate was 91.5%. The survival rates of large-scale dairy cattle farms in Şanlıurfa, Niğde, Konya, İzmir, Muğla, Tekirdağ and Kırklareli provinces were 91.0%, 87.6%, 95.1%, 90.0%, 93.0%, 91.9% and 92.6%, respectively. When analysed according to province, the survival rate of the 6-month-old calves owned by the enterprise in Niğde province was found to be comparatively low in relation to the survival rate of the calves owned by the enterprises in other provinces. Conversely, the enterprise in Konya province exhibited a notably high survival rate in comparison to the others ($p<0.05$). In order to ensure that the high survival rate achieved in Konya can also be achieved in other provinces, it is necessary to eliminate the negative effects of feeding and environmental factors by reducing the negative effects of environmental factors through more comprehensive studies. The results of this study indicated that by considering the factors to reduce the mortality rate of the calves owned by the enterprises in different regions, it was concluded that the enterprises can make more profitable and efficient production with a higher number of calves as a result of increasing the survival rate throughout the region and the country.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :04.11.2024
Kabul Tarihi :22.12.2024

Anahtar Kelimeler

Yaşama gücü
siyah alaca
coğrafi bölge
buzağı

Research Article

Article History

Received :04.11.2024
Accepted :22.12.2024

Keywords

Vitality
holstein friesian
geographical area
calf

1. Giriş

Yaşama gücü teriminin sözlük anlamına bakıldığında “hayatın zorluklarına karşı mücadele etme gücü veya kuvveti” olarak tanımlanmaktadır. Tarım alanında ise bu terim -yaşama gücü oranı- olarak kullanılır ve genellikle bireysel değil de toplumsal bir değeri ifade eder. Ayaşan ve ark. (2016)’nın çalışmasında gösterdiği gibi dünyaya gelen yavruların doğumdan hemen sonra ve/veya süttan kesim yaşına kadar ve/veya 6 aylık yaşa kadar kaç başının yaşamına sağlıklı bir şekilde devam edebildiğine göre bir değer alır. İşletme statüsünde bulunan tüm kurumların genel amacı kar elde edebilmek ve bu karlılığı sürdürülebilir kılmaktır. Bu durum hayvancılık işletmeleri için de geçerliliğini her daim korumaktadır. Bir süt sığırcılık işletmesinin en önemli sürdürülebilirlik elemanı buzağılardır ve “buzağı, bir süt sığırcılığı işletmesinin geleceğinin teminatıdır” (Gökçen, 2023). Buzağuların sağlıklı bir şekilde dünyaya getirilmesi, sonrasında optimum çevre koşullarının sağlanarak hayatlarına sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi elzemdir. Dişi veya erkek fark etmeksizin bütün hayvanların ekonomik ömürleri boyunca yaşama güçlerini en üst düzeyde tutmak hem sürdürülebilirlik hem de karlılık için öncelikli hedef olarak belirlenmelidir.

Buzağılarda yaşama gücü ile alakalı yapılmış bazı çalışmalara bakıldığında, Başpınar ve ark. (1998) Esmer ve Holştayn dişi buzağuların 75. güne kadarki yaşama güçlerini sırasıyla %94.23 ve %95.93 olarak tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, genotip, ana yaşı ve doğum ağırlığı gruplarında buzağuların 75. güne kadar ki yaşama gücü yönünden grup içi farklılıkları istatistiki önemde bulmuşlardır. Fakat doğum mevsimi yönünden ise kışın doğan buzağuların yaşama gücünü diğer üç mevsimde doğan buzağuların yaşama gücüne göre en düşük tespit etmişlerdir. Ana yaşının yaşama gücü üzerine etkisini önemsiz bulurlarken, doğum mevsiminin yaşama gücü üzerine etkisini önemli bulmuşlardır. Benzer bir çalışma ile Şahiner ve Demir (1998) Siyah Alaca buzağuların yaşama gücünü etkileyen faktörlerden doğum yılı, cinsiyet, ana yaşı ve

doğum mevsimi üzerinde durmuşlardır. 0-1 ay yaşama gücü oranları önemsiz iken 0-3 ve 0-6 ay yaşama gücü üzerine ana yaşının, 0-12 ay yaşama gücü oranları üzerine ise ana yaşı ve doğum mevsiminin etkisini önemli bulmuşlardır. Ayrıca, Bayrıl ve Yılmaz (2010) da süttan kesim ve 6 aylık yaşama gücü verileri ile çalışmalarını yapmışlardır. Buna göre; buzağuların, süttan kesimde ve 6. aydaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %94.2 ve %92.1 olarak tespit etmişlerdir. Süttan kesim ve 6. aydaki yaşama gücü oranlarına sadece ana yaşının etkisini önemli bulmuşlardır. Bir diğer çalışmada Yıldırım ve Koçak (2019) iki farklı ırkta 4 farklı yaşta buzağuların yaşama gücü oranlarını karşılaştırmışlar ve Simental buzağılarda yaşama gücü ortalamalarını 30, 60, 75 ve 90. günlerde sırasıyla; %92.0, %89.6, %87.4 ve %85.7 olarak tespit etmişlerdir. Holştayn buzağılarda ise yaşama gücü ortalamalarını 30, 60, 75 ve 90. günlerde sırasıyla; %91.8, %91.8, %91.8 ve %89.3 olarak hesaplamışlardır.

Süt sığırcılığı işletmelerine ait işletmelerin kapasiteleri incelendiğinde Türkiye’de 1-10 baş hayvan kapasiteli işletmeler: küçük ölçekli; 11-20 baş hayvan kapasiteli işletmeler: orta ölçekli ve ≥ 21 üzeri baş kapasiteli işletmeler ise büyük ölçekli işletmeler olarak kabul görmektedir (Demir ve ark., 2014). Dolayısıyla, bu çalışmada, Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu ve Marmara Bölgelerinde bulunan bazı illere ait büyük ölçekli süt sığırcılığı işletmelerinde bölgelere göre değişmekle birlikte ilk olarak 2002 yılı ile 2013 yılları ve 2021 arasında 0-6 ay yaş aralığında olan buzağuların yaşama gücü oranı her bir ile göre yıl düzeyinde ve iller arası genel farklılıklarını belirlemeyi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma materyali Şanlıurfa, İzmir, Muğla, Niğde, Konya, Tekirdağ ve Kırklareli’nde bulunan 7 farklı büyük ölçekli işletmelerden sağlanan tüm verilerin elde edildiği yıl aralığı 2002-2021 olurken, bu illerde bulunan 7 farklı büyük ölçekli işletmedeki verilerin her bir ile göre başlangıç yıl farklılıkları söz konusu

olmuştur. Verilerin elde edildiği bu işletmeler için mevcut işletmedeki hayvan varlığı, 0-6 ay aralığında mevcut buzağı sayısı, 0-6 ay aralığında ölen buzağı sayısına ait değerler dikkate alınmıştır. Adı geçen illerdeki işletmelerdeki hayvan sayısının yeterliliği ve verilerin istatistik analiz için uygunluğu, bu illerdeki işletmelerin seçilmesinde etkili olmuştur. Bu noktadan hareketle, bu çalışma

materyalini oluşturan işletmelerde doğan toplam 20281 Siyah Alaca buzağına ait veriler, Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği'nden alınmıştır.

2.2. Yöntem

Yaşama gücünün hesaplanmasında kullanılan formül (Ayaşan ve ark., 2016):

$$\text{Altıncı Aydaki Yaşama Gücü (\%)} = \frac{\text{Altıncı aydaki canlı buzağı sayısı}}{\text{Toplam canlı doğan buzağı sayısı}} \times 100$$

Ayrıca, elde edilen yaşama gücü oranlarının karşılaştırılmasında iki yüzde arası farkın önemlilik testi kullanılmıştır (Düzgüneş, 1952).

Öncelikle hipotezler belirlenmiştir:

H₀: İki yüzde arasında fark yoktur (P₁=P₂)

H₁: İki yüzde arasında fark vardır (P₁≠P₂)

Test istatistiği (t) için kullanılan formül:

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{\frac{pq}{n_1} + \frac{pq}{n_2}}}$$

P₁: A işletmesindeki yaşama gücü oranı

P₂: B işletmesindeki yaşama gücü oranı

p: İki işletmenin ortalama yaşama gücü oranı

q: 1-p

n₁: A işletmesinde doğan canlı hayvan sayısı

n₂: B işletmesinde doğan canlı hayvan sayısı

hesap değeri tablo değerinden küçük veya eşit ise iki ortalama arası farkın önemsiz; hesap değeri tablo değerinden büyük ise H₀ hipotezi reddedilir ve iki yüzde arasındaki farkın önemli olduğu söylenir. Ayrıca, grafikler üzerinde il düzeyinde gösterilen sonuçlar Ayaşan ve ark. (2016)'nın kullandıkları formül sonucu ortaya çıkan ortalamalar dikkate alınarak görselleştirilmiştir. Veriler tek yönlü varyans analizine (One-way ANOVA) göre elde edilen ortalamalar karşılaştırılmış ve bu ortalamalar TUKEY ortalama karşılaştırma testi ile karşılaştırılarak ortalamalar arası farklılıklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

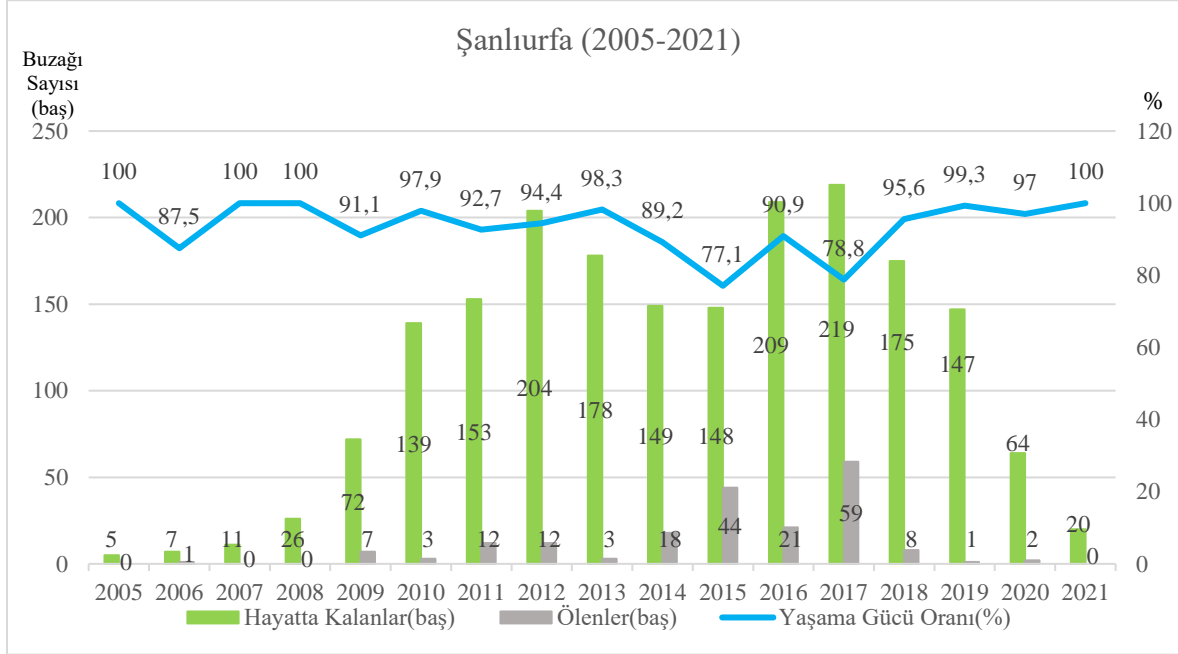
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan veriler ile yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlara

göre; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa'da bulunan işletmeye ait veriler Şekil 1'de görülmektedir. Şanlıurfa'daki işletmede 2005-2021 yılları arasında 2116 buzağı dünyaya gelmiş ve bunların 6 ay sonunda 1925 başı hayatta kalmıştır. Böylelikle bu işletmede yaşama gücü oranı %91.0 olarak tespit edilmiştir. 2005-2008 arası yıllarda sadece tek bir buzağı kaybı yaşanırken işletmenin genişlemesiyle birlikte doğan hayvan sayısı da ölen hayvan sayısı da yıllar içinde artmıştır. 2017 yılında doğan ve 6 ay sonunda hayatta kalan hayvan sayısı en yüksek sayıya ulaşmış ancak aynı zamanda ölen hayvan sayısı da en yüksek sayıya ulaşmıştır. İlk dört yıllık gelişme aşaması verileri ile son yıldaki veriler göz ardı edilirse oransal olarak en yüksek yaşama gücüne %99.3 ile 2019 yılında ulaşılmıştır. En düşük yaşama gücü oranına da %77.1 ile 2015 yılında ulaşılmıştır. Benzer bir çalışma olarak, tek bir işletmeye ait verilerle Bayrıl ve Yılmaz (2010) buzağuların, süttten kesimde ve 6. aydaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %94.2 ve %92.1 olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre 6 aylık yaşta yaşama gücü oranını Şanlıurfa'da hesaplanan yaşama gücü

oranimızla kıyasladığımızda daha yüksek bir oran tespit ettikleri görülebilir. Her ne kadar bizim çalışmamızdaki birçok işletmeye ait orandan yüksek bir yaşama gücü oranı elde

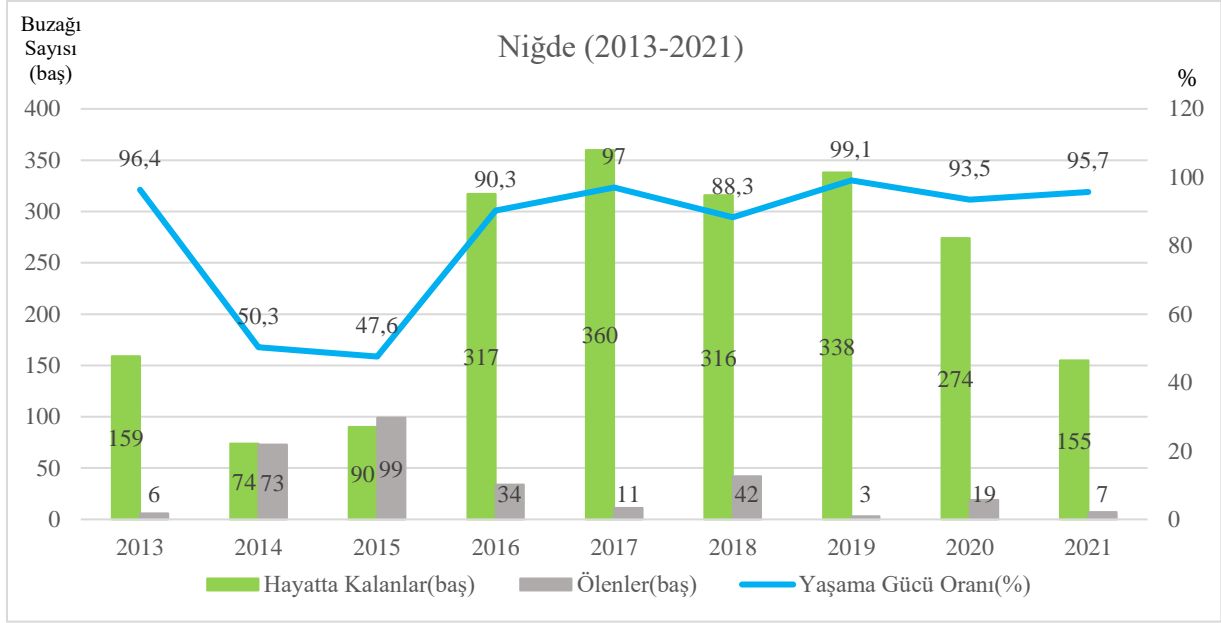
etmiş olsalar da bu yaşama gücü oranının yeterli düzeyde olmamasının sebebinin işletme eksikliği olabileceğini ifade etmişlerdir.



Şekil 1. Şanlıurfa’da 2005-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 1. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Şanlıurfa between 2005-2021

İç Anadolu Bölgesi’nde Niğde ve Konya’da bulunan iki işletmede ise; Niğde’de 2013-2021 yılları arasında 2377 buzağı dünyaya gelmiş ve bunların 6 ay sonunda 2083 başı hayatta kalmıştır (Şekil 2). Böylece yaşama gücü oranı bu işletme için %87.6 olarak tespit edilmiştir. Konya’da 2008-2021 yılları arasında 3106 buzağı dünyaya gelmiş ve bunların 6 ay sonunda 2955 başı hayatta kalmıştır (Şekil 3). Buna göre de yaşama gücü oranı %95.1 olarak tespit edilmiştir. Şekil 2’ye bakıldığında Niğde’deki işletmede 2017 yılında en yüksek buzağı doğum sayısına ulaşılmıştır. En fazla kayıp 2015 yılında yaşanmış ve doğan hayvanların yarısından fazlası 6 ay içinde ölmüştür. En az buzağı kaybı 2019 yılında yaşanmıştır. Oransal olarak bakıldığında ise en düşük yaşama gücü oranı %47.9 ile 2015 yılına aittir. En yüksek yaşama gücü oranı da %99.1 ile 2019 yılına aittir. Daha önce yapılmış bir çalışmada Bakır ve ark. (1994)’nin 1989-1991 yılları arasında dünyaya gelen 202 buzağının 31 tanesinin 6 ay içerisinde öldüğü ve böylece de 6 ay yaşama gücü oranının %83.7 olarak tespit edildiğini söylemişlerdir. Bu sonuca göre bizim çalışmamızdaki en düşük oranlı (%87.6)

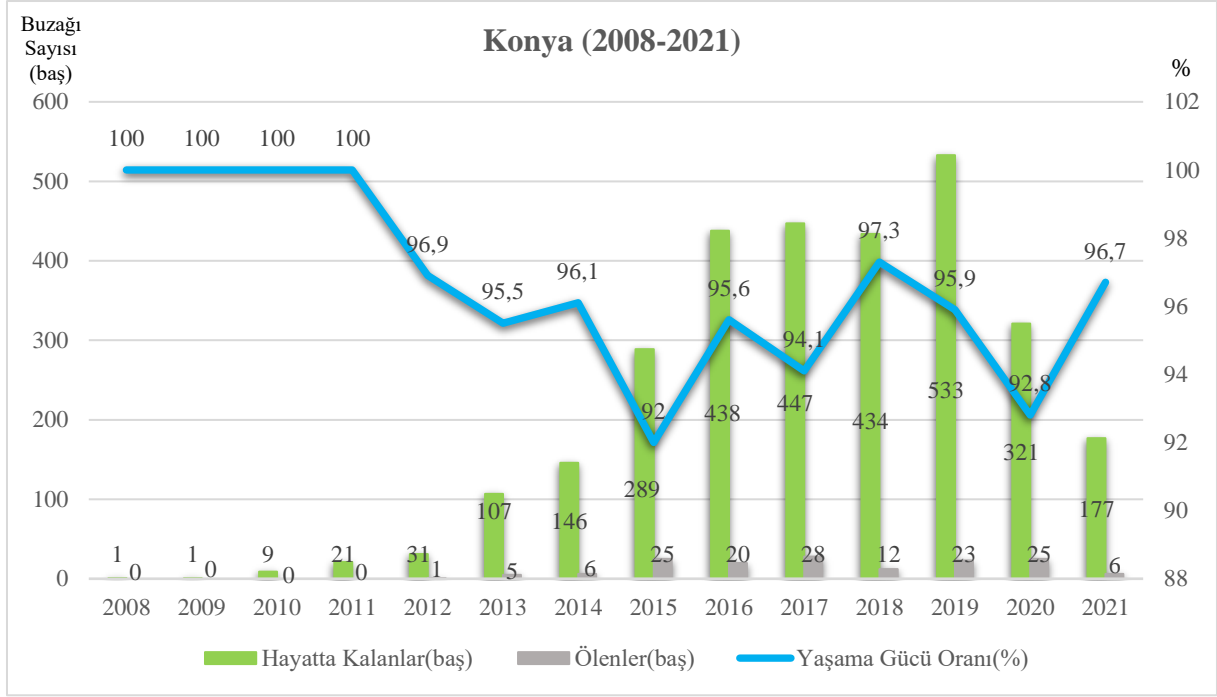
ildeki oranın da altında bir oran tespit etmişlerdir. Buna iki veri seti arasında yaklaşık 30 yıllık bir zaman farkı oluşu ve/veya veri elde edilen işletmenin profesyonellik düzeyinin farklılığı sebep olmuş olabilir. Aynı çalışmalarında kendileri de bu sonucun daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla yaptıkları karşılaştırmalarda elde edilen sonuçların alt sınırına yakın olduğunu ifade etmişlerdir. Bir diğerinde Yaşama gücü oranlarını bizim çalışmamızdaki Niğde ilinde hesaplanan oran ile yakın değerlerde bulan Karakaş (2002), 10 işletmede doğan 135 buzağının yaşama gücünü büyümenin 0-3 ve 0-6 aylık iki devresinde incelemiştir ve yaşama güçlerini sırasıyla %85.9 ve %83.7 olarak hesaplamıştır. Bu sonuçları çalışmamızdaki bulgularla karşılaştırdığımızda 3 aylık yaştaki yaşama gücü oranı da 6 aylık yaştaki yaşama gücü oranı da düşüktür. 3 aylık yaşama gücünün karşılaştırmaya dahil edilmesi her ne kadar doğru olmasa da 6 aylık yaşama gücüne bakıldığında bizim çalışmamızdaki sonuçlar ile aradaki farkın matematiksel olarak fazla olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Niğde’de 2013-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 2. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Niğde between 2013-2021

Şekil 3’e göre Konya’daki işletmede ilk 5 yıllık süreç göz ardı edildiğinde en fazla buzağı 2019 yılında elde edilmiştir. İlk 5 yılda sadece 1 buzağı kaybı olmuştur. Diğer yıllarda ise en fazla buzağı kaybı 2017 yılında yaşanmıştır. Oransal olarak bakıldığında ve ilk beş yıl elemine edildiğinde en yüksek yaşama gücü oranı %97.3 ile 2018 yılında elde edilmiştir. En düşük yaşama gücü oranı ise %92.0 ile 2015 yılında elde edilmiştir. Konya’daki yaşama gücü oranına oldukça yakın değerleri bulan Başpınar ve ark. (1998) çalışmalarında Esmer ve Siyah Alaca ırkı dişi buzağılara ait verileri kullanmışlardır. Esmer ve Holştayn dişi buzağıların 75. güne kadarki yaşama güçlerinin sırasıyla %94,23 ve %95,93 bulunduğunu belirtmişlerdir. Belirtilen yaşama gücü oranlarını bizim bulgularımızdan daha

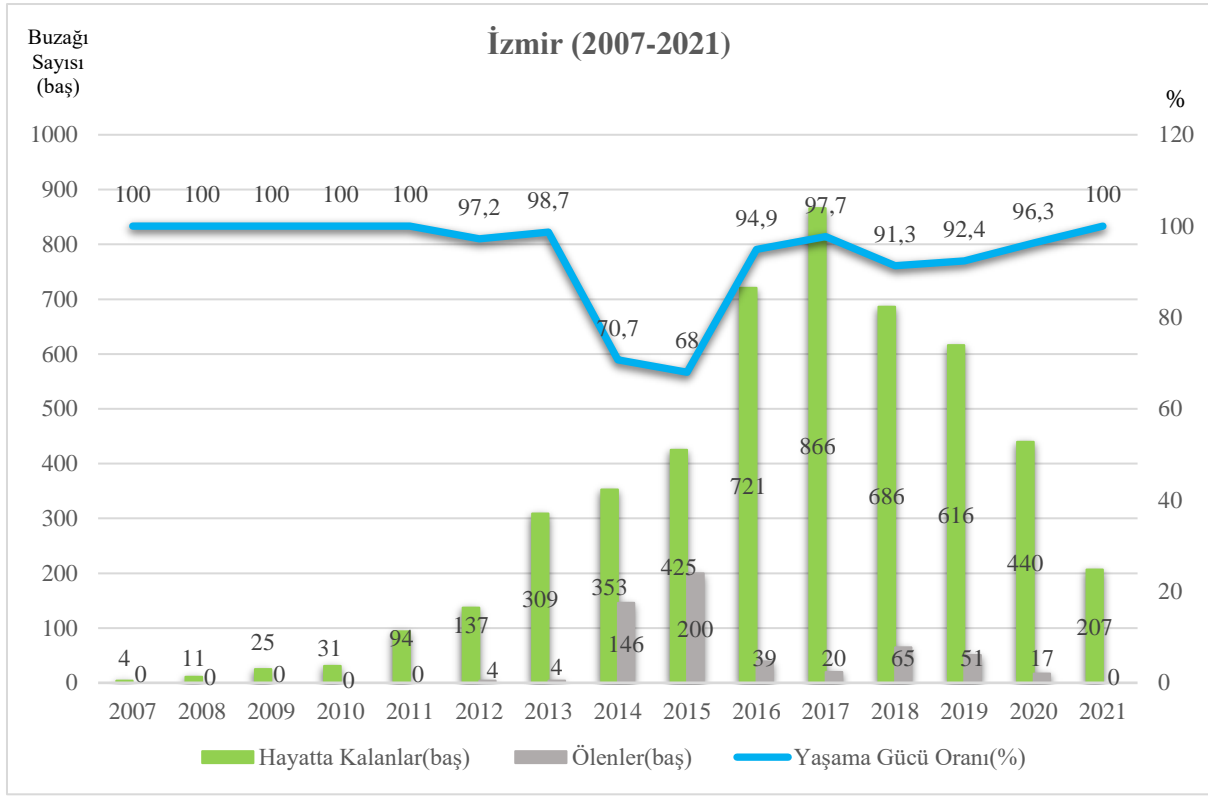
yüksek olarak tespit etmişlerdir. Ortaya çıkan farklılığın sebebinin bizim çalışmamızda yer alan hayvanların 180. gün sonuna kadarki verilerden oluşmasından kaynaklandığı söylenebilir. Farklı zamanlardaki yaşama güçleri üzerine Şahiner ve Demir (1998) de incelemeye aldıkları 201 baş dişi ve erkek buzağının 1, 3, 6 ve 12. aylık yaşlardaki yaşama güçlerini sırasıyla %99.0, %95.0 %95.0 ve %93.5 bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara bakıldığında yaşama gücü oranlarını, özellikle de 6. ay yaşama gücü oranlarının Konya’daki ile neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Çalışmamızdaki genel ortalamanın üstünde bir yaşama gücü oranına ulaşmış olmalarının sebebinin üzerinde durdukları işletme koşullarının yeterliliği olabileceği varsayımında bulunabiliriz.



Şekil 3. Konya’da 2008-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 3. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Konya between 2008-2021

Ege Bölgesi’nde İzmir ve Muğla’da bulunan iki işletmeden; İzmir’de 2007-2021 yılları arasında dünyaya gelen 5471 buzağıdan 4925 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Böylece bu işletmenin yaşama gücü oranı %90.0 olarak tespit edilmiştir. Muğla’da 2002-2021 yılları arasında 1963 buzağı dünyaya gelmiş ve bunlardan 1826 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Bu da bu işletme için yaşama gücü oranının %93.0 olmasını sağlamıştır. Şekil 4’te görüleceği üzere İzmir’de bulunan işletmede ilk beş yıl ve son yıl hiçbir kayıp yaşanmamıştır. En yüksek canlı buzağı sayısına 2017 yılında ulaşılmıştır. En yüksek kayıp ise 2015 yılında yaşanmıştır. Hiç kayıp yaşanmayan yıllar elemine edildiğinde en yüksek yaşama gücü oranına %98.7 ile 2013 yılında ulaşılmıştır. Yine kayıpsız yıllar elemine edildiğinde ise en düşük yaşama gücü

oranı %68.0 ile 2015 yılında elde edilmiştir. Yıldırım ve Koçak (2019) da Ege Bölgesi’nde bulunan Afyonkarahisar’da merkez ve ilçelerinde bulunan 25 adet damızlık süt sığırı işletmesinde yürütmüş oldukları çalışmada yaşama gücü için 7 adet işletmenin 2016 ve 2017 yıllarında doğan 400 baş Simental ve 117 baş Siyah Alaca buzağını kullanmışlardır. Simental ve Siyah Alaca buzağuların 3 aylık yaşama gücü oranlarını sırasıyla %85.7 ve %89.3 olarak hesaplamışlardır. Görüldüğü üzere yaşama gücünü sadece 3 aylık yaşa kadar hesaplamışlardır. Bu yüzden İzmir ve Muğla verileri ve sonuçlarıyla kıyaslama yapamamız da 3 aylık yaşta bile özellikle Siyah alacalar için hesapladıkları oranın da 6 ay sonunda elde edilmesinin güç olduğu tahmininde bulunabiliriz.

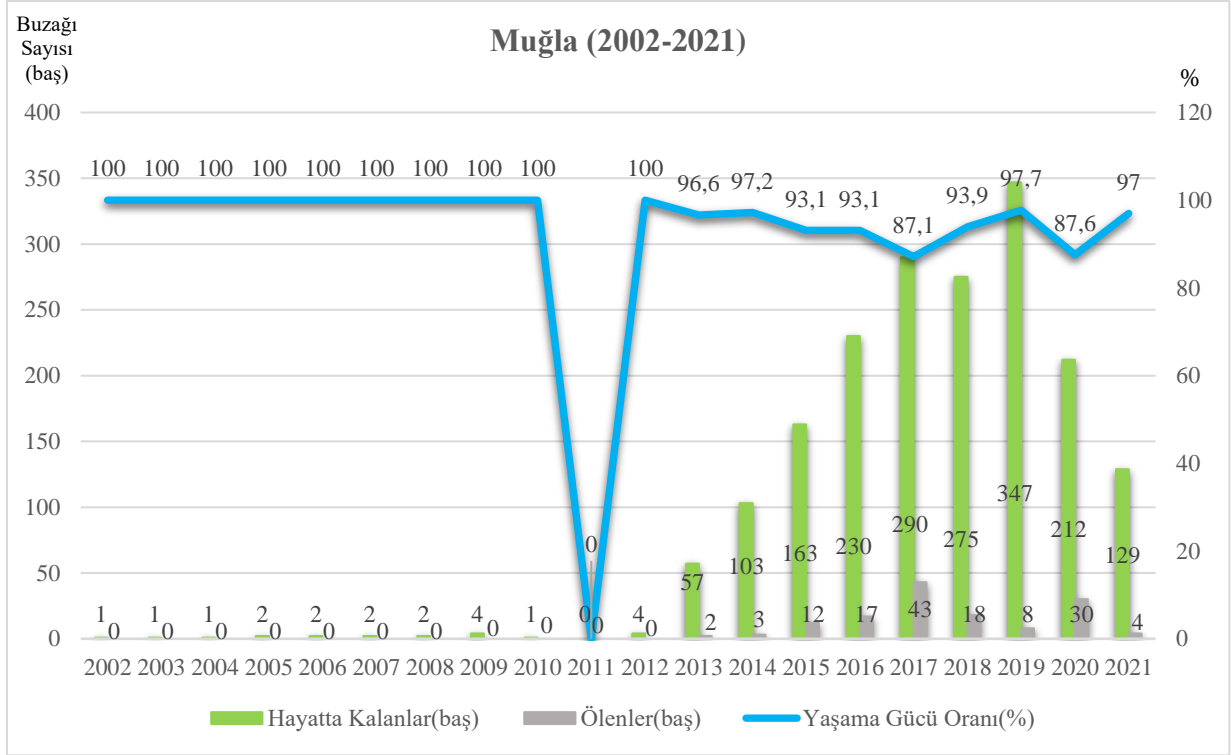


Şekil 4. İzmir’de 2007-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)

Figure 4. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Izmir between 2007-2021

Şekil 5’te görüldüğü üzere Muğla’daki işletmede ilk 11 yılda hiç kayıp yaşanmamış veya bu yıllara ait verilerin temin edilmesinde eksiklikler olabileceği, aynı durumun 2011 yılı için de geçerli olmasından dolayı işletmede doğum da olmadığı gözlenmektedir. Son dokuz yıla bakıldığında ise en yüksek sayıya 2019 yılında ulaşılmıştır. En fazla sayıda kayıp ise 2017 yılında olmuştur. Kayıpsız yıllar elemine edildiğinde en yüksek yaşama gücü oranı %97.7 ile 2019 yılında elde edilmiştir. 2011 yılındaki boş geçilen yıl hariç en düşük yaşama gücü oranına %87.1 ile 2017 yılında

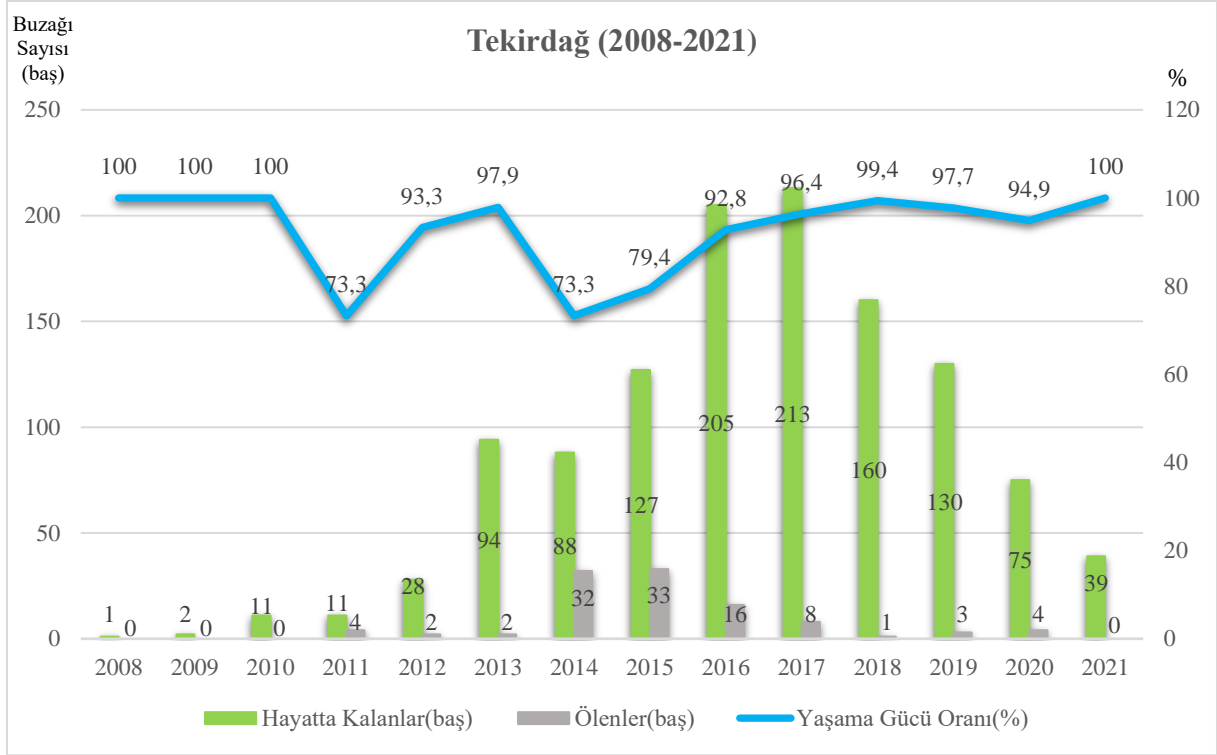
ulaşılmıştır. Gürbüz ve Apaydın (1995) Siyah Alaca, Esmer ve bunların yerli ırklarla yapılan melezlerinin 6 aya kadar yaşama güçlerini sırasıyla %86.2, %83.6 ve %83.3 olarak tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında önemli olan sonuç Siyah Alacalara ait orandır. Bu oran da bizim çalışmamızda ulaştığımız en düşük oran olan %87.6’dan da düşüktür. Bu çalışmada tespit edilen genel ortalama yaşama gücü oranının (%91.5) ise oldukça altında olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Muğla’da 2002-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 5. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Muğla between 2002-2021

Marmara Bölgesi’nde Tekirdağ ve Kırklareli’nde bulunan iki işletmeden; Tekirdağ’da 2008-2021 yılları arasında 1289 buzağı dünyaya gelmiş ve bunlardan 1184 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Bu da işletmenin yaşama gücü oranının %91.9 olarak tespit edilmesini sağlamıştır. Kırklareli’nde 2005-2021 yılları arasında dünyaya gelen 3959 buzağıdan 3665 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Böylelikle bu işletmenin yaşama gücü oranı %92.6 olarak tespit edilmiştir. Şekil 6’ya göre Tekirdağ’da bulunan işletmede ilk üç yıl ve son yıl hiçbir kayıp yaşanmamıştır. En fazla kayıp yaşanan yıl ise 2015 olmuştur. 2017 yılı ise en fazla buzağının elde edildiği yıl olmuştur. Kayıpsız geçilen yıllar göz ardı

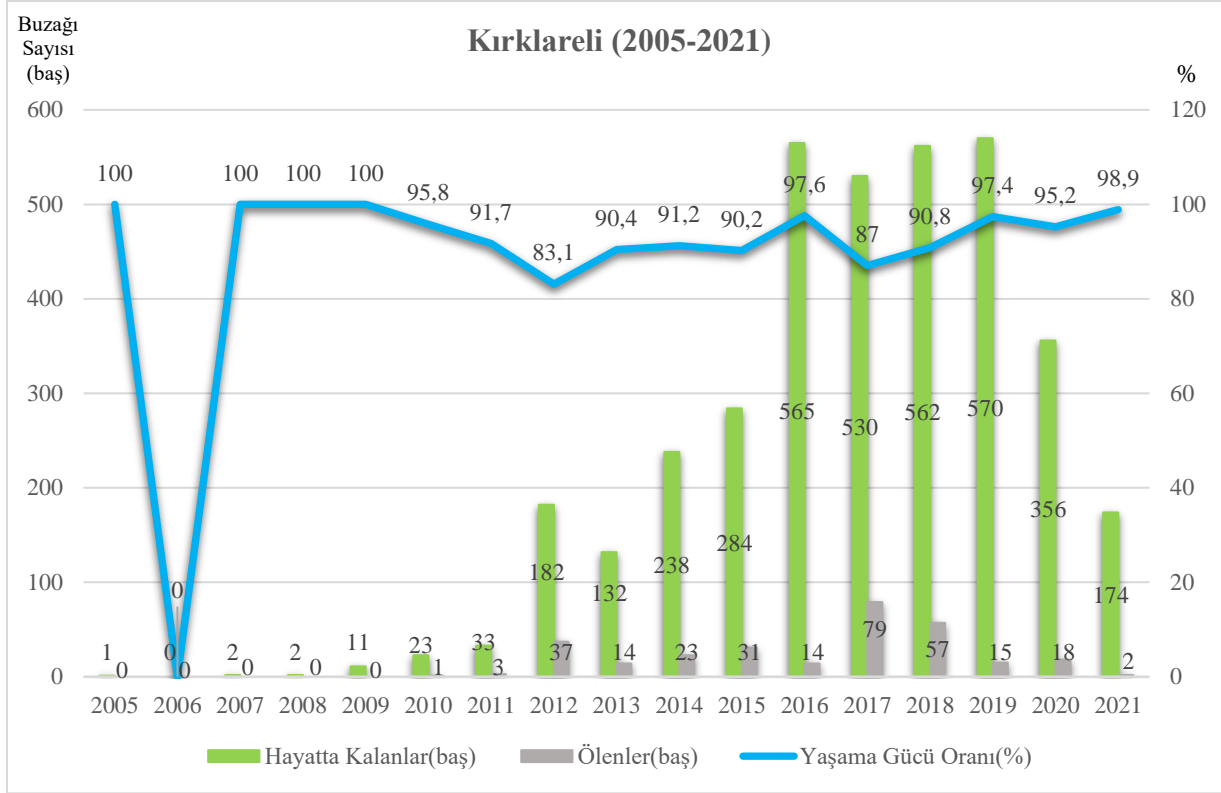
edildiğinde ise oransal olarak en fazla yaşama gücü oranına %99.4 ile 2018 yılında ulaşılmıştır. En düşük yaşama gücü oranı %73.3 ile hem 2011 hem de 2014 yıllarında elde edilmiştir. Benzer bir çalışmada Ayaşan ve ark. (2016) 2011-2015 yılları arasında bir işletmede yetiştirilen Siyah Alaca buzağuların sütten kesimde ve 6. aydaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %96.34 ve %83.33 olarak bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara bakıldığında sütten kesimde yaşama gücü oranı çalışmamızdaki tüm illerimizdeki yaşama gücü oranlarından yüksek olmasına karşın 6. ay yaşama gücü oranı bizim çalışmamızda ulaştığımız genel ortalama (%91.5) yaşama gücü oranından düşüktür.



Şekil 6. Tekirdağ’da 2008-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 6. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Tekirdağ between 2008-2021

Kırklareli’nde bulunan işletmede ilk 5 yıl kayıp yaşanmamış, hatta 2006 yılında herhangi bir doğum da olmadığı görülmektedir. Bunun sebebinin veri alımında yaşanan aksaklıklar olabileceğini söyleyebiliriz. En çok kaybın yaşandığı yıl 79 başla 2017 olmuştur. En çok buzağının elde edildiği yıl 619 baş ile 2018 olurken en fazla buzağının hayatta kaldığı yıl 2019 olmuştur. Kayıpsız yıllar hesaba katılmadığı takdirde en yüksek yaşama gücü oranına %98.9 ile 2021 yılında ulaşılmıştır. Hiç buzağının doğmadığı 2006 yılı elemine edildiğinde ise en düşük yaşama gücü oranı %83.1 ile 2012 yılında elde edildiği Şekil 7’de gösterilmiştir. Yine benzer bir çalışmada Hızlı ve ark. (2017) Siyah Alaca buzağılarda sütten kesimde ve altıncı aydaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %86.31 ve %83.8 olarak

bulmuşlardır. Bu oran göz önüne alındığında Kırklareli verisinin matematiksel olarak oldukça altında ve hatta genel ortalamamızın da oldukça altında bulunduğu görülebilir. Yaşama gücü bakımından Kırklareli oranımız, Kaygısız ve ark. (2023)’nin Gümüşhane’nin Torul ilçesinde bulunan 10 baş ve üzeri sığır varlığına sahip işletmelerle yapılan anket sonuçlarına göre ulaştıkları yaklaşık %95 yaşama gücü oranından oldukça düşüktür. Bu farkın oluşma sebebinin Torul ilçesinde bulunan işletmelerin hayvan sayılarının bu çalışmada yer alan işletmelerden oldukça düşük olmasından dolayı ortaya çıkmış olabileceği sonucuna varılabilir. Çünkü daha az hayvan varlığı olan işletmelerde buzağı başına düşen ilgilenme süresinin daha fazla olacağı doğaldır.

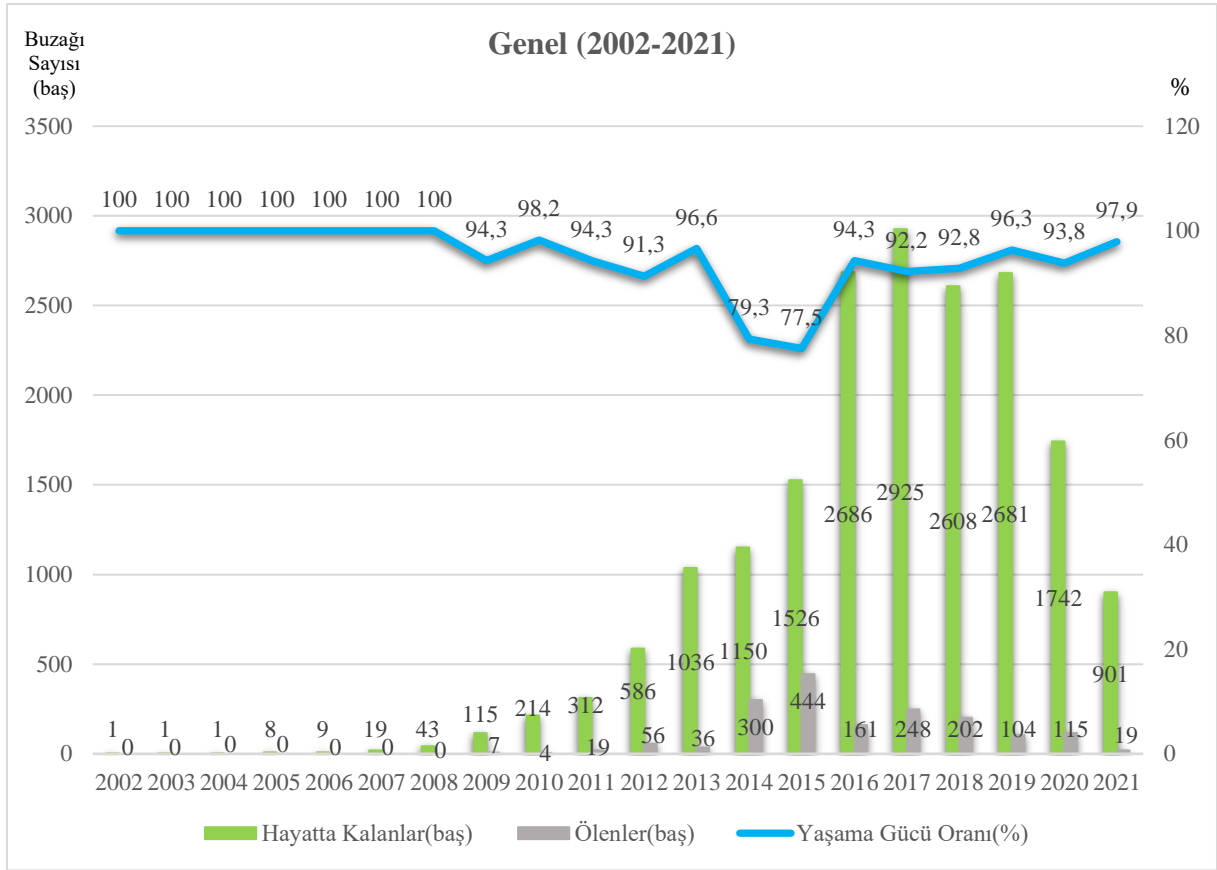


Şekil 7. Kırklareli’nde 2005-2021 arası hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)

Figure 7. Survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) in Kırklareli between 2005-2021

Çalışmaya dahil edilen toplam 20281 buzağının 6 ay sonunda 18563 başı hayatta kalmıştır. Böylelikle toplamda yaşama gücü oranı %91.5 olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar ile kıyaslanırsa, Bardakçioğlu (2001) Mart 1996-Şubat 1997 arasında dünyaya gelen toplam 139 siyah alaca buzağının erkekleri için 15, 30 ve 60. gün yaşlardaki yaşama gücü oranlarını sırasıyla %91.3, %88.4 ve %86.9, dişi buzağuların yaşama gücünü ise aynı sırayla %90, %85.7 ve %84.3 olarak belirlemiştir. Yüksek (39.1-45 kg arası) ve düşük (27-33 kg arası) doğum ağırlığına sahip buzağuların doğumdan sonraki ilk iki aylık yaşama gücü oranlarını sırasıyla %98 ve %67 olarak belirlemiş, aradaki farkın ise istatistiksel olarak önemli ($p < 0.001$) bulunduğunu söylemiştir. Çalışmada incelediği faktörlerin etkisi sonucu ulaştığı yaşama gücü verileri sadece 2 aylık yaşa

kadarki oranları göstermesinden dolayı bizim çalışmamızdaki oranlarla birebir karşılaştırma yapmak doğru olmayacaktır ancak 2 aylık yaşta bile yaşama gücü oranlarının çalışmamızdaki genel ortalama yaşama gücü oranının da matematiksel olarak altında olduğu görülmektedir. Şekil 8’e göre toplam hayvan sayısı yıllık olarak değerlendirildiğinde ilk yedi yılın kayıpsız geçildiği görülebilir ancak bunun sebebinin veri teminindeki eksiklik veya aksaklıklardan kaynaklanabileceği unutulmamalıdır. Canlı doğan en çok hayvan sayısına 2017 yılında ulaşılmıştır. Yine en yüksek hayatta kalan buzağı sayısı 2017 yılında elde edilmiştir. En fazla kayıp ise 2015 yılında yaşanmıştır. Kayıpsız geçilen yıllar göz ardı edildiğinde en yüksek yaşama gücü oranı %98.2 ile 2010 yılında elde edilmiştir. En düşük yaşama gücü oranına ise %77.5 ile 2015 yılında ulaşılmıştır.



Şekil 8. 2002-2021 yılları arası toplam hayatta kalanlar (baş), ölenler (baş) ve yıllık oranlar (%)
Figure 8. Total survivors (head), deaths (head) and annual rates (%) between 2002-2021

Tablo 1’de yaşama gücü oranlarına göre harflendirmeler yer almaktadır. İller sadece kendi aralarında karşılaştırılmış ve harflendirme yapılmıştır. Yaşama gücü bakımından genel ortalama %91.5 olarak hesaplanmıştır. İller bazında oranlarda ise Şanlıurfa’da yaşama gücü (%91.0) İzmir, Tekirdağ ve Kırklareli’nde hesaplanan yaşama gücü oranlarından farkı önemsiz iken Muğla, Niğde ve Konya illerinde hesaplanan yaşama gücünde farklar önemli bulunmuştur. İzmir’de hesaplanan yaşama gücü ile sadece Şanlıurfa ilinde hesaplanan yaşama gücü arası fark önemsiz, diğer bütün iller ile olan fark

önemlidir. Muğla ili ile Tekirdağ ve Kırklareli arası fark önemsiz iken diğer illerle olan fark önemlidir. Niğde ve Konya illerinin ikisinde de diğer iller ile olan fark önemli olarak tespit edilmiştir. Tekirdağ’da hesaplanan oran ile Şanlıurfa, Muğla ve Kırklareli arası fark önemsiz iken İzmir, Niğde ve Konya arası farklar önemlidir. Kırklareli’ndeki yaşama gücü oranı ile Şanlıurfa, Muğla ve Tekirdağ’daki yaşama gücü oranı arası farklar önemsizdir ancak İzmir, Niğde ve Konya’daki yaşama gücü oranları arası farklar önemlidir ($p<0.05$).

Tablo 1. İller ve bölgelere ait yaşama gücü oranları arası fark (p<0.05)

Table 1. Difference between living power rates of provinces and regions (p<0.05)

İller	Yaşama Gücü Oranları (%)
Şanlıurfa	91.0 bc
Niğde	87.6 a*
Konya	95.1 e
İzmir	90.0 b
Muğla	93.0 d
Tekirdağ	91.9 cd
Kırklareli	92.6 cd
Genel	91.5

*Tablodaki harflendirmelerin açıklaması bir önceki paragrafta kapsamlı olarak anlatılmıştır.
abcde Farklı harf içeren ortalama önemlidir (p<0.05)

4. Sonuç

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı lokasyonlarında bulunan süt sığırcılığı işletmelerindeki Siyah Alaca ırkı buzağılarda yaşama gücünün karşılaştırılması yapılmıştır. Şanlıurfa, Niğde, Konya, İzmir, Muğla, Tekirdağ ve Kırklareli illerinde bulunan büyük ölçekli işletmelerdeki yaşama güçleri sırasıyla %91.0, %87.6, %95.1, %90.0, %93.0, %91.9 ve %92.6 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada yer alan toplam hayvan sayısı 20281 ve bu buzağılardan 18563 başı 6 ay sonunda hayatta kalmıştır. Böylece ortalama yaşama gücü %91.5 olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlarda bazı illerde (Konya, Muğla vb.) bulunan işletmelerdeki yaşama gücü oranı diğerlerinden yüksek bulunurken bazı illerde (Niğde, İzmir) ise oldukça düşük olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın sebebinin besleme, yetiştirme gibi işletme kökenli olabileceği ve/veya işletmelerin kurulu bulunduğu çevresel etkenlerden de kaynaklanabileceği sonucuna varılabilir.

Elde edilen yaşama gücü oranları için illere bakıldığında Niğde ilindeki işletmede elde edilen yaşama gücü diğerlerinden oldukça düşüktür. Konya ilindeki işletmede ise diğerlerine göre yaşama gücünün oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Konya'da ulaşılan yaşama gücü oranının diğer illerde de sağlanabilmesi için daha kapsamlı çalışmalar ile işletme odaklı sonuçlar alınarak yaşama gücünün artırılması sağlanabilir. Bu sayede de tek bir işletmede değil ülke çapında hayvan refahı ve sayısının artırılması mümkün olacaktır.

Niğde'de bulunan işletmedeki yaşama gücü oranı Türkiye geneli orandan çok düşük olmasa da çalışmamızdaki en düşük orana sahiptir. Buna sebep olan faktörler tespit edilerek bunlardan kaçınılması yönünde öneri de bulunulabilir. Çalışmamız öncesi elde edilen veriler çevre, iklim, işletme yapısı ve işletmenin bulunduğu net adresi içermemektedir. Bu sebeple bu faktörlerin neler olduğunun tespiti için işletme odaklı ayrı bir çalışma yapılarak daha kesin bilgilere ulaşılabilir. Süt veya besi hayvancılığı fark etmeksizin yaşama gücü oranını artırmak tüm işletmelerin hedefi olmalıdır. Çünkü bir işletmenin geleceği elde edilen yavruların ekonomik ömürlerini tamamlayabilmesine bağlıdır. Bunu sağlamak için de tüm işletmelerde uygulanacak bakım, besleme, veterinerlik hizmetleri vb. asgari şartlar belirlenerek bir standardizasyon ortaya konmalı ve bunun için gerekenler işletmecilere eğitim veya gerekirse bakanlık vasıtasıyla bildirilmelidir.

Bu çalışma sonuçları, Niğde ilindeki işletmenin sahip olduğu 6 aylık buzağuların yaşama gücü değerinin diğer illerdeki işletmelerin sahip olduğu buzağuların yaşama gücüne göre oldukça düşük olduğu, Konya ilindeki işletmenin ise diğerlerine göre oldukça yüksek yaşama gücü değerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, Konya'da ulaşılan yüksek yaşama gücü oranının diğer illerde de sağlanabilmesi için besleme ve çevresel faktörlerin olumsuz etkilerinin azaltılması ile işletme odaklı olumsuz etkilerin daha kapsamlı çalışmalar sayesinde ortadan

kaldırılması gerekmektedir. Dolayısıyla, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan Siyah Alaca işletmelerinin sahip olduğu buzağuların ölüm oranını azaltma yönünde işletme bazlı faktörler dikkate alınarak bölge ve ülke genelinde yaşama gücü oranının artırılması sonucunda daha fazla buzağı sayısı ile işletmelerin daha karlı ve verimli üretim yapabileceği sonucuna varılmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Açıklama

Bu çalışma, ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Ayaşan, T., Hızlı, H., Asarkaya, A., Coşkun, M.A., 2016. Siyah alaca buzağularında büyüme performansı ve yaşama gücü. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(3): 223-228.

Bakır, G., Yener, S.M., Kaygısız, A., 1994. Ankara şeker fabrikası çiftliğinde yetiştirilen siyah alaca sığırların yetiştirme özellikleri. *Hayvansal Araştırma Dergisi*, 4(2): 90-92.

Bardakçioğlu, H.E., 2001. Bireysel kulübelerde barındırılan holştayn buzağuların büyüme ve yaşam gücüne; doğum ağırlığı, cinsiyet ve doğum mevsiminin etkileri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(2): 439-458.

Başpınar, H., Oğan, M., Batmaz, E.S., Balcı, F., Karakaş, E., Baklacı, C., 1998. Esmer ve holştayn buzağuların büyüme ve yaşama gücüne etki eden bazı çevresel faktörler. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 38(2): 19-31.

Bayrıl, T., Yılmaz, O., 2010. Kazova vasfi diren tarım işletmesinde yetiştirilen siyah alaca buzağularında büyüme performansı ve yaşama gücü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(3): 169-173.

Demir, P., Aral, Y., Sarıözkan, S., 2014. Kars ili süt sığırcılık işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı ve üretim maliyetleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(1): 1-6.

Düzgüneş, O., 1952. İstatistik Metodlar. Ankara Basım ve Cildevi, Ankara.

Ertuğrul, O., Alpan, O., Ünal, N., Azeroğlu, F., 2000. Growth and survival of Holstein and Brown Swiss calves reared outdoors in individual hutches. *Tropical animal health and production*, 32: 257-266.

Gökçen, H. 2023. Süt sığırcılığı işletmelerinde sürdürülebilirlik. <https://www.hazimgokcen.net/hayvancilik/sut-sigirciligi-isletmelerinde-surdurulebilirlik/> (Erişim tarihi: 10.12.2023)

Gürbüz, A., Apaydın, M., 1995. Ankara ÇMZAE'de yetiştirilen sığırların çeşitli verim özellikleri ve bunların araştırılması 1. Gelişme ve Yaşama Gücü. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 4(2):43-51.

Hansen, R.G., Phillips, P.H., Rupel, I.W., 1946. The effect of vitamin supplements upon survival of new-born calves. *Journal of Dairy Science*, 29(11): 761-766.

Hızlı, H., Ayaşan, T., Asarkaya, A., Coşkun, M.A., Yazgan, E., 2017. Doğu Akdeniz tarımsal araştırma enstitüsünde yetiştirilen Siyah Alaca buzağularında büyüme performansı ve yaşama gücü. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(1): 383-389.

Karakaş, E. 2002. Bursa-Yenişehir ilçesinde yetiştirilen holştayn buzağuların doğum ağırlığı, süttten kesim yaşı, süt tüketimleri ve yaşama güçleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(1-2-3): 77-81.

- Kaygısız, A., Aydın, R., Özdemir, C.Y., 2023. Gümüşhane İli torul ilçesi süt sığırcılığı işletmelerinde buzağı yetiştirme ile ilgili yönetimsel uygulamalar. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1): 713-725.
- Maltecca, C., Khatib, H., Schutzkus, V.R., Hoffman, P.C., Weigel, K.A. 2006. Changes in conception rate, calving performance, and calf health and survival from the use of crossbred Jersey× Holstein sires as mates for Holstein dams. *Journal of Dairy Science*, 89(7): 2747-2754.
- Şahiner, Z., Demir, H., 1998. Siyah-Alaca sığırlarda yaşama gücü, büyüme, ergin canlı ağırlık ve vücut ölçülerini etkileyen bazı çevresel faktörler üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1): 61-78.
- Yıldırım, K., Koçak, S., 2019. Evaluation of calf management and livability in dairy farms in Afyonkarahisar. *Kocatepe Veterinary Journal*, 12(3): 310-316.

Atıf Şekli

Çevik, M., Koncagül, S., 2025. Türkiye'nin Farklı Bölgelerinde Yetiştirilen Siyah Alaca Irkı Buzağularının Yaşama Gücünün Karşılaştırılması. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1): 290-303.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14930078>.

To Cite

Çevik, M., Koncagül, S., 2025. Comparison of Survival of Black Alaca Calves Raised in Different Regions of Türkiye. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 290-303.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14930078>.



Detection and Pathogenicity of *Fusarium proliferatum* Causing Wilt in Cotton in Sanliurfa Province of Turkey

Ayşin BİLGİLİ ^{1*}

¹ GAP Agricultural Research Institute, Department of Plant Health, Şanlıurfa

*Corresponding author: aysin.bilgili@tarimorman.gov.tr

Abstract

Between 2021 and 2023, a comprehensive survey was conducted using a random sampling method in Sanliurfa province and its districts, which are significant cotton production areas in the GAP Region. *Fusarium* isolates were collected from a large portion of the cotton fields, which were examined homogeneously in the north, south, east, and west directions. The molecular identification and diagnosis of the obtained *Fusarium proliferatum* isolates were performed using two different gene regions, ITS and TEF-1 α . Pathogenicity tests were conducted on susceptible cotton varieties, Candia and C-92. As a result of this study, *Fusarium proliferatum* and *Verticillium dahliae* were found to be widespread in cotton-growing areas of Şanlıurfa province and its districts. The varieties affected by these pathogens, were five commercial cotton varieties exhibited symptoms of wilting, yellowing, and drying. The findings will help farmers make informed decisions about which cotton varieties to plant in the coming years. Additionally, the results of this study are expected to contribute to the development of resistant or tolerant cotton lines against the *Fusarium proliferatum* pathogen. This, in turn, will support the establishment of resistance management strategies for combating *Fusarium* wilt disease and aid cotton breeders in their resistance breeding efforts.

Research Article

Article History

Received :05.11.2024
Accepted :22.12.2024

Keywords

Fusarium proliferatum
Fusarium wilt
cotton
pathogenicity
molecular diagnosis

1. Introduction

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is a globally significant fiber crop cultivated across approximately 33 million hectares and plays a crucial role in both agricultural and industrial economies (Sami-Ul-Allah et al., 2015; Icac, 2021). As a key raw material for the textile and food industries, its fibers provide natural cellulose for weaving and textiles, while its seeds, containing 17–25% oil, support the oil industry. Additionally, cottonseed meal is used for animal feed, and linters contribute to paper production, making cotton a strategically important crop (Kücük and Issı, 2019). Cottonseed oil is also gaining importance as a biodiesel raw material (Keskinçilic, 2014).

Turkey is a major cotton producer, ranking 6th globally. In the 2019/20 season, the country produced 815.000 tons of lint cotton on 520.000 hectares, with an average yield of 1.567 kg ha⁻¹ (Icac, 2021). Cotton is primarily cultivated in the Southeastern Anatolia, Aegean, and Mediterranean regions, with Şanlıurfa province alone accounting for 208.792 hectares of cotton fields (Anonymous, 2020a). The cotton sector is vital for Turkey's economy, generating employment in both rural agriculture and urban textile industries (Anonymous, 2020b). However, cotton production is continuously threatened by pathogens, leading to economic losses and reduced fiber quality (Arslan and Özcınar, 2021).

Some fungal diseases cause significant economic losses in cotton, a strategically important crop both globally and in Turkey. These include *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae*), damping-off (*Rhizoctonia solani* Kühn., *Pythium* spp., and *Fusarium* spp.), *Ascochyta* blight (*Ascochyta gossypii*), and several leaf spot diseases (Agrios, 2005). In Turkey, *Verticillium* wilt has been recognized as the primary cotton disease, and extensive research has been conducted on it for many years. However, in recent years, significant losses from *Verticillium* wilt have not been observed, particularly in the GAP Region, due to the adoption of crop rotation systems and the use of *Verticillium dahliae*-tolerant cotton

varieties by farmers. On the other hand, *Fusarium* wilt is a major disease widespread in nearly all cotton-growing areas worldwide (Davis et al., 2006).

Early *Fusarium* infection in cotton plants often results in plant death. Some infected plants may regrow from the base, but this new growth does not produce cotton capsules and typically fails to survive later in the growing season (Davis et al., 2006). The disease initially appears as a localized spot in the field and spreads to healthy areas through rainfall, irrigation water, or soil cultivation tools. In fields irrigated using the furrow method, *Fusarium* wilt is commonly observed in water-saturated areas (Cianchetta and Davis, 2015).

The application of solarization and soil fumigation for controlling *Fusarium* wilt in cotton is quite difficult and economically unfeasible for crops grown in large areas like cotton. However, the protective effect of solarization lasts for only one year (Davis et al., 2006). Chemical control with fungicides has a very limited effect in controlling *Fusarium* wilt (Davis et al., 2006). Many studies have noted that controlling soil-borne diseases like *Fusarium* vascular wilt with conventional synthetic fungicides is quite challenging (Singh et al., 2002; Kim and Hwang, 2007). Therefore, the detection of disease pathogens and the development of resistant varieties is of great importance.

It has been reported that the most effective approach to combating *Fusarium* wilt in cotton worldwide is host resistance (Cianchetta and Davis, 2015). Therefore, knowing the pathogen causing *Fusarium* wilt in cotton fields and planting cotton varieties that are tolerant to the prevalent pathotype will be the most effective and economical method of control.

This study was carried out to determine the presence and pathogenicity of *Fusarium* species in cotton production areas in Şanlıurfa province and its districts and to carry out diagnostic studies of the existing species using molecular analysis methods.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

The plant material for this study consists of cotton plants showing wilt symptoms from cotton growing areas in Şanlıurfa province and its districts in the Southeastern Anatolia Region. Additionally, Candia and C-92 cotton seeds were used as plant material in pathogenicity tests.

2.2. Fungal material

The fungal material for this study consists of *Fusarium* isolates obtained from cotton samples showing wilt symptoms in cotton growing areas of Şanlıurfa province and its districts in the Southeastern Anatolia Region. Additionally, the other materials used in the study include media for fungal culture development, laboratory equipment, incubators, various chemicals, primers, peat, soil, and plastic pots.

2.3. Methods

2.3.1. Field survey and sampling

Surveys were conducted between August and September in 2021 and 2022 during different vegetative growth stages of cotton plants, particularly when the plant's vegetative and generative parts were fully developed. The surveys were carried out using a random sampling method across the districts of Şanlıurfa province. As shown in Table 1, cotton production areas and amounts were recorded, while Table 2 presents the number of sampling points based on field area (Anonymous, 2021). To ensure homogeneous representation in the study area, plant samples were randomly selected from various directions (north, south, east, and west) of the study area. Sampling areas are detailed in Table 3 (Bora and Karaca, 1970).

Table 1. Cotton cultivation areas in Şanlıurfa province where surveys were conducted (Anonymous, 2020a)

Province	Districts	Planted Area (ha)
Şanlıurfa	Akçakale	33887.4
	Birecik	2.3
	Bozova	6590.6
	Ceylanpınar	8836.6
	Eyyubiye	32582.0
	Halfeti	0
	Haliliye	21908.4
	Harran	30392.4
	Hilvan	6067.2
	Karaköprü	2739.2
	Siverek	17118.2
	Suruç	17953.5
	Viranşehir	30714.2
Total (ha)		208792.0

In the surveyed fields, diagonal lines were followed, and at the specified number of points given in Table 2, 10 plant samples were randomly selected from each point (Nehl et al., 2004). The stems of the selected plants were cut longitudinally in half, and any color changes in the vascular bundles were

examined. Among the examined samples, 2-3 plants showing color changes in the vascular bundles were taken to the laboratory. GPS (Global Positioning System) coordinates of the fields were recorded using a global positioning device.

Table 2. Number of sampling points based on field area (Anonymous, 2021)

Field size (decars)	Number of sampling points
<50	5
50-100	10
100-1000	15
>1000	20

The random sampling method was used as the sampling technique, and sampling was conducted according to Bora and Karaca (1970) (Table 3 and Figure 1). Stops were

made approximately every 20 km along the road, and inspections were carried out in the fields on both the right and left sides of the road.

Table 3. Province, district, area, and sampling dates for the sampling conducted in the study

Sampling Location	District	Village		Sampling Date	Sampled Area (ha)
Sanliurfa	Central-Haliliye	Cekcek		9 August 2021	1.0
Sanliurfa	Central-Karaköprü	Karaköprü		9 August 2021	6.0
Sanliurfa	Central-Eyyubiye	Ugurlu		9 August 2021	10.0
Sanliurfa	Akcakale	Yusuf		9 August 2021	4.7
Sanliurfa	Akcakale	Koruklu Station	Research	9 August 2021	5.0
Sanliurfa	Akcakale	Serince Station	Research	9 August 2021	3.0
Sanliurfa	Harran	-		9 August 2021	6.5
Sanliurfa	Central	Tektek		10 August 2021	5.0
Sanliurfa	Central	Tektek Station	Research	10 August 2021	3.0
Sanliurfa	Viransehir	Central		10 August 2021	8.0
Sanliurfa	Viransehir	Central		10 August 2021	12.0
Sanliurfa	Viransehir	Elgün		12 August 2024	16.0
Sanliurfa	Ceylanpınar	Central		12 August 2024	3.0
Sanliurfa	Ceylanpınar	Central		12 August 2024	7.0
Sanliurfa	Ceylanpınar	Central		12 August 2024	20.0
Sanliurfa	Bozova	Central		17 August 2021	5.0
Sanliurfa	Bozova	Central		17 August 2021	15.0
Sanliurfa	Central	Osmanbey		17 August 2021	6.0
Sanliurfa	Central	Harran University Campus Cotton fields	University	17 August 2021	2.5
Sanliurfa	Central	Harran University Campus surroundings	University	17 August 2021	5.5
Sanliurfa	Akcakale	Central		15 September 2021	11.0
Sanliurfa	Akcakale	Küçük Hacı ekber		15 September 2021	5.5
Sanliurfa	Ceylanpınar	Central		15 September 2021	15.0
					Total:175.7 ha

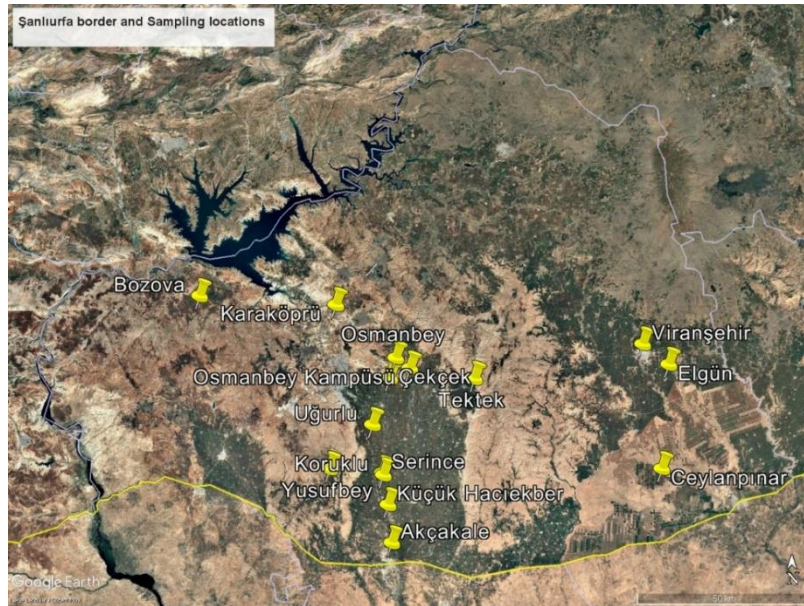


Figure 1. Sampling locations displayed on Google Earth

During sampling of survey, plants showing wilt symptoms were collected from cotton production areas and brought to Plant Health Laboratory of GAP Agricultural Research Institute (GAPTAEM) for isolation. After the incubation period, microscopic identification and diagnostic work were carried out on the fungal isolates, and isolates were obtained. From these isolates, species showing severe wilt symptoms in the field were selected for molecular analysis and pathogenicity testing. In the pathogenicity test, Candia and C-92 cotton seeds were used as sensitive varieties.

2.3.2. Isolation

In the laboratory, each plant showing color changes in the vascular bundles was first washed with tap water, then plant tissues containing both diseased and healthy parts from the vascular tissues were cut into 4-5 mm pieces using a scalpel. These pieces were soaked in a 2% (v/v) sodium hypochlorite solution for 2 minutes and then rinsed twice with sterile distilled water and left to dry between sterile blotting papers. The dried samples were placed in Petri dishes containing Potato Dextrose Agar (PDA) with 100 mg l⁻¹ of streptomycin sulfate, with 3-4 tissue pieces per dish. All inoculated Petri dishes were incubated at 25 °C in the dark for 5-7 days (Castano et al., 2014). At the end of the incubation period, colonies resembling

Fusarium spp. were transferred to fresh PDA medium to obtain pure cultures. The selected isolates, which represented production fields were, transferred to test tubes containing slanted PDA medium, and the stock cultures were stored at +4 °C.

2.3.3. Obtaining single spore cultures and morphological identification

To obtain single spore cultures from the isolates obtained, the following procedure was applied: After the isolates were grown on PDA at 24 °C for 7 days, 3 ml of sterile distilled water containing 1-2 drops of Tween 80 per liter was added to the Petri dishes. The concentration of the resulting spore suspension was adjusted to 10³ spores ml⁻¹ using a Thoma counting chamber. From the spore suspension, 100 µl was transferred onto Petri dishes containing Water Agar (WA, 2%) and spread using a sterile spreader. The Petri dishes were then incubated overnight at 24±2 °C, and the development of the cultures was examined under a compound microscope the following day. Germinated single spores were transferred to PDA using a sterile needle aseptically. The obtained single spore isolates were then transferred to slanted PDA and to drying papers for storage at -20 °C (Vicente et al., 2014). The morphological characteristics and identification of the obtained isolates of *Fusarium* spp. and *F. proliferatum* were made

according to Nelson et al. (1983) and Leslie and Summerell (2006), respectively.

2.3.4. Molecular identification

2.3.4.1. DNA isolation of *Fusarium* sp. isolates

For genomic DNA isolation, *Fusarium* isolates were cultured on PDA (Potato Dextrose Agar) medium for one week. DNA isolation was performed using a DNA isolation-extraction kit (Qiagen DNeasy Plant Kit) with 10-50 mg of fungal spores and mycelial fragments. The quality of the DNA samples was measured using a Nanodrop device, and 5 µl of DNA samples were run on a 1.5% agarose gel at 75V for 45 minutes along with a DNA ladder. As a control, λ DNA with known concentrations (25ng, 50ng, 100ng, 200ng) was used. The gel was stained with Ethidium Bromide and examined under a UV transilluminator, with Polaroid photographs taken. The DNA isolation procedure combined the methods used by O'Donnell et al. (1998), Moricca et al. (1998), Abd-Elsalam et al. (2003), and Mule et al. (2004). Freshly obtained mycelia and fungal spores from PDA were collected using a soft scraping preparation and placed into a 1.5 ml Eppendorf tube, filling the conical portion up to half (50-100 mg). The material in the tube was then crushed until it became powdery.

2.3.4.2. Primers used for *Fusarium* sp.

Primers were selected to genetically differentiate *Fusarium* spp. isolates phenotypically identified and to determine the dispersal maps of the species to different regions. The Internal Transcribed Spacer (ITS) regions of fungal ribosomal DNA (rDNA) are variable sequences that are crucial for

distinguishing fungal species through PCR analysis and are commonly used for species identification. For this purpose, initially, *Fusarium*-specific primers were used to verify whether the isolates were *Fusarium* (Bilgili, 2017). Then, species-specific primers were employed to identify the isolates at the species level (Gonsalves and Ferreira, 2013; Mule et al., 2004). This two-step identification process involved comparing phenotypic and genotypic data using different diagnostic regions (Table 4).

2.3.4.3. PCR analysis

For DNA analysis of the morphologically diagnosed isolates, after the identification at the genus level, the samples were grouped and the isolates were extracted using the "Qiagen DNeasy Plant Kit." PCR analysis was performed using Universal primers (ITS 1 F-ITS 4 R, Tef F-Tef R) (Table 4). A 50 µl reaction mixture was prepared for PCR analysis. The mixture for each reaction consisted of 20 µl master mix, 1 µl genomic DNA, and 29 µl sterile water. After running the PCR products on a 1.5% agarose gel electrophoresis, the results were visualized under UV light. The evaluation for each isolate was based on whether a band was observed for each primer (Arif et al., 2012; Gonsalves and Ferreira, 2013). For this purpose, the optimal concentrations of the components for the amplification were determined according to the optimization studies and conditions outlined by Arif et al. (2012), Mule et al. (2004), Moricca et al. (1998), and Abd-Elsalam et al. (2003). The thermal cycler was programmed, and the study was conducted using *Fusarium* isolates from cotton fields in Sanliurfa.

Table 4. PCR conditions, reaction cycles, temperatures, and durations for ITS and TEF-1 α primers

TEF-1 α (658 bp)-40 Cycles
TEF-f: ATCGGCCACGTCGACTCT
TEF-r: GGCGTCTGTTGATTGTTAGC
Tef 1-a (40 cycles):
95 °C → 2 min pre-denaturation
94 °C → 1 min denaturation
58 °C → 1 min annealing
72 °C → 2 min elongation
72 °C → 8 min final extension
ITS Region Universal Primers (650 bp)-35 Cycles
ITS1-F: 5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'
ITS4-R: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'
ITS1-ITS4 (40 cycles):
95 °C → 5 min pre-denaturation
94 °C → 30 sec denaturation
58 °C → 1 min annealing
72 °C → 60 sec elongation
72 °C → 7 min final extension

2.3.4.4. Electrophoresis studies

Agarose Gel Electrophoresis studies were conducted according to the method described by Galitelli and Minafra (1994). PCR products were run on a 1.5% agarose gel. After applying the necessary protocols for DNA isolation and PCR (Qiagen DNeasy plant kit), *Fusarium* sp. isolates were sent for Sanger Sequencing (Molecular Sequence Analysis) to determine the levels of genetic diversity. PCR was performed in a 50 μ l volume. For all experiments, isolates that produced clear bands on the gel were sequenced.

In all the studies, sequencing was requested for the isolates showing good bands in the gel. Genomic DNA and PCR analyses were conducted in 2022 at the Plant Protection Department of the Ankara Agricultural Research Institute (AZMAE), Molecular Biology and Biotechnology Unit. Sequencing analyses were performed through external service providers.

2.3.5. Pathogenicity tests

In the pathogenicity tests, the cotton varieties Candia and C-92 were used as plant material. Isolates were obtained from cotton plants in the surroundings of Harran University and Ceylanpınar district. The experiments

were conducted in a climate room (24 ± 2 °C with a 12h light 12h⁻¹ dark cycle) with 5 replications.

A mixture of soil, sand, and peat (1:1:1), sterilized at 121 °C for 30 minutes in an autoclave, was used. The mixture was filled into 250 ml plastic cups, and three cotton seeds were planted in each mixture. When the seedlings reached the cotyledon leaf stage, one plant was left per pot (Figure 2 and 3).

Fusarium isolates obtained from cotton fields in Harran University and Ceylanpınar were grown on Potato Dextrose Agar (PDA; agar 18 g, dextrose 20 g, distilled water 1000 ml) for 14 days. Sterilized distilled water and 1-2 drops of Tween 80 were added to the cultures and shaken gently to obtain spore suspension. The spore suspension was transferred to 16 mm diameter test tubes. After mixing thoroughly with a tube shaker, the spore count was determined using a Thoma chamber (hemocytometer) under a microscope. The inoculum concentration was adjusted to 4×10^6 spores ml⁻¹. Then, 5 ml of the spore suspension was poured into the bottom of each plastic pot, and cotton plants in the 4-6 leaf stage were transplanted into these pots. The plants in the pots were monitored for disease progression for 4 weeks.

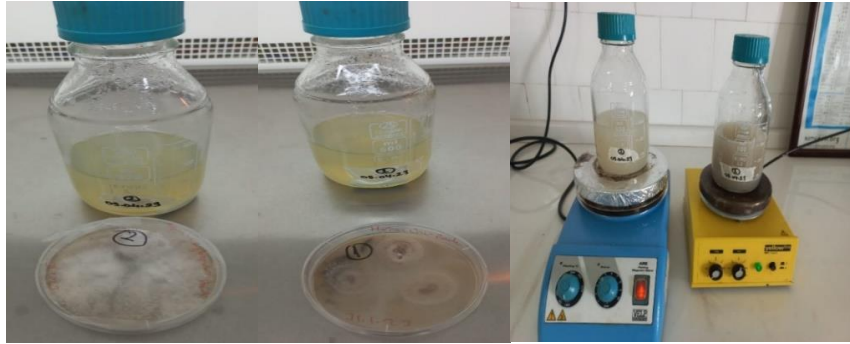


Figure 2. Preparation of inoculums used in pathogenicity tests

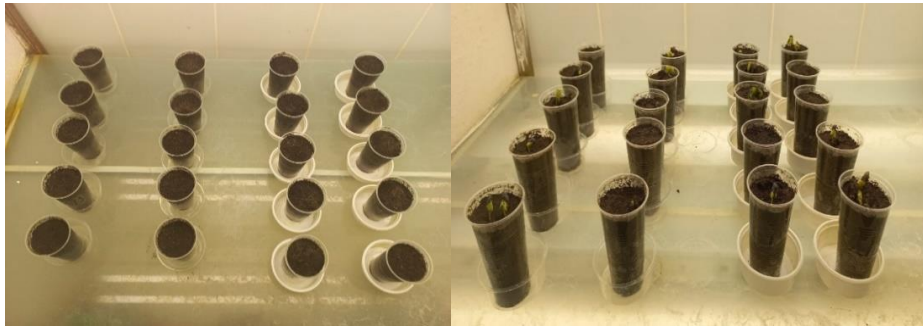


Figure 3. Preparation of the pathogenicity tests

2.3.5.1. Disease assessment

Approximately 4 weeks after inoculation, in the assessments, the percentage disease severity for each plant and the lesion areas on

all of the plant's true leaves were calculated separately for each leaf according to the modified scale of Ulloa et al. (2006) and Erdogan and Benlioglu (2007) (Table 5), and the average was taken.

Table 5. Green tissue scale used in pathogenicity study

Index	Disease Symptoms
0	No visible chlorosis and epinasty on the leaf
1	Chlorosis on ¼ of the leaf
2	Chlorosis, necrosis, or wilting on ½ of the leaf
3	Chlorosis, necrosis, or wilting on 2/3 of the leaf
4	Leaf is about to shed or has already shed

Disease severity in the assessments was calculated by averaging the lesion areas on all true leaves of each plant, using the scale below to determine the percentage for each leaf. The disease severity values for each leaf were calculated using the index formula provided below (Karman, 1971):

Leaf disease index formula = $(0)(a) + (1)(b) + (2)(c) + (3)(d) + (4)(e) / n = (a + b + c + d + e)$

Where:

a, b, c, d, e = the number of plants in each scale category

n = total number of plants

3. Results and Discussion

3.1. Morphological identification

Cotton varieties commonly used by farmers in surveyed areas were “Candia, Stoneville-455, Stoneville-458, Progen-Lazer, Stoneville-468, and Stoneville-440. Samples were collected from the fields where these varieties were used, and the symptoms such as wilting and drying were observed. Among the susceptible varieties observed in the field, wilting and drying were noted in the Candia cotton variety, yellowing in the Stoneville-455 variety, and signs of plant drying in the Stoneville-458 and Lazer seed varieties.

Relatively higher levels of drying were observed in the Stoneville-468 and Stoneville-440 cotton varieties. During the survey studies, the Lima and Esperia varieties were observed among the resistant varieties in the field. Al Mahmooli et al. (2013) found the prevalence of *Fusarium proliferatum* in two different *Gladiolus* varieties (Red Majesty and Mascagni) in Oman to be 3% and 12%, respectively. They also reported symptoms of *F. proliferatum* in plants, including wilting, yellowing, and plant mortality, which are

similar to the findings of this study. Typical vascular discoloration was observed in the diseased plant samples. *Fusarium* spp. isolates were obtained from all sampled plants showing symptoms of wilting and drying. *Fusarium* isolates were identified from these samples, and 12 different isolates from 12 different fields were selected for further study. Figure 4 shows the mycelia of *Fusarium proliferatum* obtained from some selected cotton survey fields, representing fungal isolates from different fields sampled during the survey.



Figure 4. Some fungal isolates of *Fusarium* species obtained from the survey

Similar to the findings of Fattahi et al. (2014), the colony characteristics of *Fusarium proliferatum* grown on PDA medium at 25 °C for 10 days showed a growth of approximately 8 cm. The colonies exhibited a color range from cream and purple to dark purple on the surface of the PDA medium. A considerable amount of aerial hyphae was observed, with the colony initially displaying purple and dark purple, which eventually changed to white as it matured. The spore colonies and mycelial growth of the fungus on PDA showed similarities to the symptoms of *Fusarium proliferatum* observed in different plant species, as reported by Gao et al. (2017) and Al Mahmooli et al. (2013).

3.2. Molecular analysis

The DNA bands of 12 fungal isolates, selected from virulent strains obtained through surveys conducted in cotton production areas in Şanlıurfa province and its districts, are shown in Figure 5. Table 6 presents the species identification of cotton plant samples analyzed by DNA and PCR, while Table 7 displays the species matched in the NCBI gene database based on the sequencing analysis results of PCR samples. The results indicate that the 12 fungal isolates showed nearly 100% similarity with *Fusarium proliferatum* species in the NCBI database. Samples with good DNA bands were used in Sanger Sequencing and Sequence Analyses.

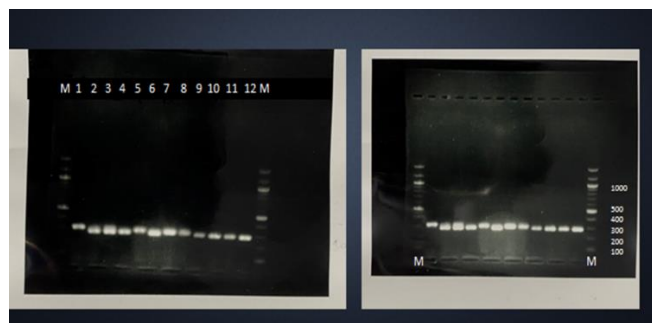


Figure 5. Agarose gel image of TEF amplicons of *Fusarium proliferatum* isolates; M: DNA Marker, 1-12: *F. proliferatum* isolates

Molecular analyses and genomic DNA methods showed parallelism with the result of this study, similar to Zhu et al. (2019) and Zhang and Stewart (2000). Similar results were obtained with the literature of Bilgili (2017)

and O'Donnell et al. (1998) regarding the identification of *Fusarium* species by amplification and sequencing of DNA of fungal isolates and the use of ITS-1/ITS-4 and EF-1/EF-2 primers.

Table 6. Molecular analysis results of selected samples from the obtained fungal isolates

Code of the Fungus Analyzed by PCR Analysis	Species
2	<i>Fusarium proliferatum</i>
4	<i>Fusarium proliferatum</i>
6	<i>Fusarium proliferatum</i>
7	<i>Fusarium proliferatum</i>
10	<i>Fusarium proliferatum</i>
11	<i>Fusarium proliferatum</i>
1	<i>Fusarium proliferatum</i>

According to the results of this study, ITS and TEF-1 alpha gene region sequences showed nucleotide similarities ranging from 100% to 98.06% with *Fusarium proliferatum* ITS and EF regions in the NCBI Gene Bank. They were found to be similar to previously

published sequences, ITS (100% - KF986684) and TEF-1 alpha (100% - FN252392) (Table 7). Molecular identification of *Fusarium proliferatum* via classical and real-time PCR studies and methods in this study shows parallelism with Amatulli et al. (2012).

Table 7. PCR analysis results of selected fungal isolates from different gene regions (ITS and EF) and their matched species in the NCBI GenBank

Sample No	Species diagnosis	Gene region	Similarity percent and accession species number
Cotton -2	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%100- FN252392
Cotton -4	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%99.36 -KC820975
Cotton -7	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%98.09- KF715258
Cotton -11	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%99.38 - KU508352
Cotton -6	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%99.69 - MH628463
Cotton -10	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%99.37- MW845655
Cotton -1	<i>Fusarium proliferatum</i>	Translation Elongation Factor 1-alpha (EF)	%99.69-KY178319
Cotton -2	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%99.81- OM956067
Cotton -4	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%99.43 -MT371373
Cotton -7	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%99.81- ON527497
Cotton -1	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%100 - KF986684
Cotton -6	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%100 - ON527491
Cotton -10	<i>Fusarium proliferatum</i>	Internal Transcribed Spacer (ITS)	%98.06- KF986684

3.2. Pathogenicity tests

The disease severity index value of two selected aggressive fungal isolates of *Fusarium proliferatum* (Figure 6), in Candia cotton seedlings are shown in Table 8 (Figure 7). As seen in the table, the index value was found to be 1.60 for the Harran University isolate and 1.80 for the Ceylanpinar isolate. According to these results, the Ceylanpinar

fungal isolate was found to be more severe in the Candia cotton variety. The disease severity of the Harran University isolate (Isolate-1) was 1.60, while the disease severity of the Ceylanpinar isolate (Isolate-2) was found to be 2.00 in the C-92 cotton variety (Table 9; Figure 7). Based on these results, the Ceylanpinar isolate was determined to be more virulent and aggressive in both cotton varieties.

Table 8. Pathogenicity test results of isolates applied to Candia cotton variety

Isolate No	I. Replication Scale Value	II. Replication Scale Value	III. Replication Scale Value	IV. Replication Scale Value	V. Replication Scale Value	Disease Index Value
Isolate-1 (Harran University)	2	2	2	1	1	1.60
Isolate-2 (Ceylanpinar)	2	2	1	2	2	1.80

Table 9. Pathogenicity test results of isolates applied to C-92 cotton variety

Isolate No	I. Replication Scale Value	II. Replication Scale Value	III. Replication Scale Value	IV. Replication Scale Value	V. Replication Scale Value	Disease Index Value
Isolate-1 (Harran University)	2	1	2	1	2	1.60
Isolate-2 (Ceylanpinar)	2	2	2	2	2	2.00



Figure 6. Some fungal isolates used in pathogenicity tests and molecular analyses



Figure 7. Growth stages of the plant in the pathogenicity test

Studies on *Fusarium* wilt in cotton in Turkey have been limited. In one of these, Canihoş et al. (2000) reported in their TÜBİTAK project (Project No: TOGTAG-1375) that by treating cotton seeds with some herbicides they significantly increased the cotton plant's resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (Fov)-caused wilt disease in the Cukurova Region cotton planting areas. In another study, Şahbaz and Akgün (2016) identified fungal wilt pathogens in cotton planting areas in the Reyhanlı district of Hatay and investigated the effects of various treatments that promote plant resistance on the susceptibility of commonly grown cotton varieties to these pathogens and their role in disease formation. In that study, *Fusarium* spp. was isolated from 46 of the 54 sampled fields (85.2%), *V. dahliae* from 5 fields (9.3%), and both *Fusarium* spp. and *V. dahliae* from 4 fields (7.4%). Pathogenicity tests showed that other *Fusarium* species, except Fov isolates, did not cause disease in cotton, while the disease severity caused by Fov isolates was found to be significantly high.

As mentioned earlier, studies on *Fusarium* wilt in cotton have been quite limited in our country. A portion of the cotton seeds used in cotton production in Turkey are imported. Since *Fusarium* species are soil-borne pathogens and can also be transmitted through seeds, there is a risk that imported cotton seeds may carry different races of *Fusarium* species, potentially contaminating local soils. To date, no studies have been conducted in our country regarding this issue. In this study, the presence of *Fusarium proliferatum* in cotton cultivation areas of Sanliurfa province, along with the resistance/tolerance status and pathogenicity of cotton varieties grown in these fields, have been determined, making significant contributions to both national and global literature.

4. Conclusion

In this study, a comprehensive survey was conducted in cotton cultivation areas of Sanliurfa province and its districts in the GAP region, with the aim of collecting *Fusarium*

spp. isolates. These isolates were then both morphologically and molecularly identified using specific primers as *Fusarium* spp. pathogens. These fungal isolates were subjected to pathogenicity tests on two susceptible cotton varieties. Their virulence was characterized based on the disease severity on cotton genotypes.

This study, conducted to determine the prevalence of FOV in cotton production areas of Sanliurfa province, revealed that, in addition to the commonly observed *Verticillium* species in cotton fields, *Fusarium* species, specifically *F. proliferatum*, has started to appear in these fields as well. Plant samples collected from cotton plants showing wilting and drying symptoms in clusters, taken from the roots and root collars, were analyzed through morphological and molecular studies. Contrary to expectations, the presence of *F. proliferatum* instead of FOV indicates that climate change is affecting the soil-borne pathogens in cotton production areas, leading to a shift in the species present. Future studies should focus on the presence and prevalence of *F. proliferatum* in the GAP region and other cotton production areas in Turkey. Accordingly, new research should be conducted on breeding cotton varieties resistant to this pathogen. It is believed that this study will contribute to cotton breeding efforts aimed at developing new varieties.

Funding

This study was supported by General Directorate of Agricultural Research & Policies (TAGEM) and GAP Agricultural Research Institute (GAPTAEM) as a preliminary project preparation study.

Acknowledgment

I would like to express my sincere gratitude to Dr. Senem TÜLEK (Plant Protection Central Research Institute -Ankara) and Dr. Sergül ÇOPUL (Nazilli Cotton Research Institute -Aydın) for their valuable support during the course of this study.

References

- Abd-El Salam, K.A., Aly, İ.N., Abdel-Satar, A.M., Khalil, M.S., Verreet, J.A., 2003. PCR identification of *Fusarium* genus based on nuclear ribosomal-DNA sequence data. *African Journal of Biotechnology*, 2(4): 82-85.
- Al Mahmooli, I.H., Al Balushi, F., Doyle, O., Al Sadi, A.M., Deadman, M.L., 2013. First report of Gladiolus corm rot caused by *Fusarium proliferatum* in Oman. *Plant Disease*, 97(2): 284-284.
- Anonymous, 2021. Agricultural Research and Policy General Directorate, Cotton Integrated Pest Management Technical Instructions. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Entegre/pamuk%20entegre.pdf>. (Accessed: 02.01.2024).
- Agrios, G.N., 2005. Plant Pathology. Fifth Edit., Elsevier Academic Pres., Amsterdam, 922 pp.
- Anonymous, 2020a. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, (<http://www.tuik.gov.tr>), (Erişim tarihi: 02.01.2021).
- Anonymous, 2020b. Türkiye’de Pamuk Tarımı. Türkiye Tohum Yetiştiricileri Birliği, (www.turktob.org.tr), (Erişim tarihi: 02.01.2021).
- Arif, M., Chawla, S., Zaidi, N., W., Rayar, J.K., Variar, M., Singh, U.S., 2012. Development of specific primers for genus *Fusarium* and *F. solani* using Rdna sub-unit and transcription elongation factor (TEF-1a) gene. *African Journal of Biotechnology*, 11 (2): 444-447.
- Amatulli, M.T., Spadaro, D., Gullino, M.L. 2012. Conventional and real-time PCR for the identification of *Fusarium fujikuroi* and *Fusarium proliferatum* from diseased rice tissues and seeds. *European Journal of Plant Pathology*, 134: 401–408.
- Arslan, H., Ozcinar, A.B., 2021. Cotton in Turkey: A review. In cotton production under abiotic stress (Eds. Karademir and Karademir). İksad Yayınevi, Ankara.
- Bilgili, A., 2017. GAP bölgesi biber yetiştiriciliğinde kök çürüklük etmenlerinin belirlenmesi, etkin patojenin moleküler karakterizasyonu ve mücadelesinde mikorizanın etkinliğinin araştırılması. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.
- Bora, T., Karaca, İ., 1970. Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın ölçülmesi (167. Yayın). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı. İzmir.
- Canıhoş, Y., Kurt, Ş., Özgönen, H., 2000. Pamukta *Fusarium* solgunluğuna karşı herbisitlerle dayanıklılığın teşviki ve konukçu hücrelerinin gossypol üretimi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 129-135.
- Castano, R., Scherm, B., Aviles, M., 2014. Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in Southern Spain. *Journal of Mycology*, 3:1-14.
- Chohan, S., Perveen, R., Abid, M., Tahir, M.N., Sajid, M., 2020. Cotton diseases and their management. In: Ahmad, S., Hasanuzzaman, M. (Eds), Cotton Production and Uses. Springer, Singapore.
- Cianchetta, A.N., Davis, R.M., 2015. Fusarium wilt of cotton: Management strategies. *Crop Protection*, 73: 40-44.
- Davis, R.M., Colyer, P.D., Rothrock, C.S., Kochman, J.K., 2006. Fusarium wilt of cotton: Population diversity and implications for management. *Plant Disease*, 90(6): 692-702.
- Erdoğan, O., Benlioğlu, K., 2007. Floresan pseudomonasların pamukta *Verticillium solgunluğu* (*V. dahliae* Kleb.)’na ve bitki gelişimine etkileri. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Fattahi, B., Rahanandeh, H., Chavoshi, S., Zamanizadeh, H.R., Bayat, H., Moshayedi, M., 2014. Report primary of *Fusarium proliferatum* and *Fusarium solani* agents of *Dianthus caryophyllus* wilting in Markazi province in Iran. *International Journal of Biosciences*, 4(1): 143-148.
- Gallitelli, D., Minafra, A., 1994. Electroforesis. Course on Plant Virus Diagnosis, 15-30 October 1994, Adana-Turkey, 89-99.
- Gao, J., Wang, J., Yang, C., Wang, Y., Lu, B. H., Yang, L.N. 2017. *Fusarium proliferatum*, a new pathogen causing *Codonopsis lanceolata* root rot in China. *Plant Disease*, 101(9).
- Gonsalves, A.K., Ferreira, S.A., 2013. *Fusarium* Primer. University of Hawaii, Department of Plant Pathology, College of Tropical and Agriculture and Human Resources, 9.
- Huddleston, G., 2022. *Trichoderma* and *Fusarium* dynamics in semi-arid west Texas cotton production systems. Master of Science Thesis, The Graduate Faculty of Texas Tech University.
- Icac, 2021. Cotton World Statistics. <https://www.icac.org/DataPortal/DataPortal?Year=2019/20%20for> (Accessed: 02.01.2024).
- Karman, M., 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler. Tarım Bakanlığı, Mesleki Kitaplar Serisi, 279, Bornova-İzmir.
- Keskinkılıç, K. 2014. Türkiye Pamuk Durumundaki Gelişmeler. <https://www.researchgate.net/publication/320471439> (Erişim tarihi. 02.05.2024)
- Kim, B.S., Hwang, B.K., 2007. Microbial fungicides in the control of plant diseases. *Journal of Phytopathology*, 155: 641–653.
- Kucuk, U.N., Issi, S., 2019. Pamuk üretiminin stratejik önemi üzerine genel bir değerlendirme. *Turan: Stratejik Araştırmalar Merkezi*, 11(44):391–398.
- Leslie, J.F., Summerell, B.A., 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual (1st Ed). Oxford, London: Blackwell Publishing Ltd.
- Moricca, S., Ragazzi, A., Kasuga, T., Mitchelson, K.R., 1998. Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* in cotton tissue by polymerase chain reaction. *Plant Pathology*, 47: 486-494.
- Mule, G., Susca, A., Stea, G., Moretti, A., 2004. Specific detection of the toxigenic species *Fusarium proliferatum* and *F. oxysporum* from asparagus plants using primers based on calmodulin gene sequences. *FEMS Microbiology Letters*, 230: 235-240.
- Nehl, D.B., Allen, S.J., Mondal, A.H., Lonergan, P.A. 2004. Black root rot: A pandemic in Australian cotton. *Australas Plant Pathology*, 33: 87-95.
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Marasas, W.F.O., 1983. *Fusarium* species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park.
- O'Donnell, K., Cigelnik, E., Nirenberg, H., 1998. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 90: 465-493.
- Sami-ul-Allah., M., Iqbal, M., Naeem, W., 2015. Genetic dissection of association among within- boll yield components and their relationship with seed cotton yield in F3 of *Gossypium hirsutum*. *Plant Genetic Researches*, 15(2):156-164.
- Singh, R., Singh, B.K., Upadhyay, R.S., Rai, B., Lee, Y.S., 2002. Biological control of *Fusarium* wilt disease of pigeonpea. *Plant Pathology Journal*, 18: 279–283.

- Şahbaz, S., Akgül, D.S., 2016. Reyhanlı ilçesi (Hatay) pamuk ekim alanlarında fungal solgunluk etmenleri ve mücadelesi. *Journal of Turkish Phytopathology*, 45(1): 31-43.
- Ulloa, M., Hutmacher, R.B., Davis, R.M., Wright, S.D., Percy, R., Marsh, B., 2006. Breeding and genetics: breeding for *Fusarium* wilt race 4 resistance in cotton under field and greenhouse conditions. *Journal of Cotton Science*, 10: 114-127.
- Vicente, L.P., Martinez, E., Dita, M.A., 2014. Protocol for the isolation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* from tissue samples of *Fusarium* wilt or Panama disease affected banana plants and soil. Technical Manual Prepared for The Regional Training Workshop on The Diagnosis of *Fusarium* Wilt Organized by The FAO Regional Office of the Caribbean and Cardi, 74 pp.
- Zhang, J., Stewart, J.M., 2000. Economical and rapid method for extracting cotton genomic DNA. *Journal of Cotton Science*, 4(3): 193-201.
- Zhu, Y., Abdelraheem, A., Sanogo, S., Wedegaertner, T., Nichols, R., Zhang, J.F., 2019. First report of cotton (*Gossypium*) wilt caused by *Fusarium proliferatum* in New Mexico. *U.S.A. Plant Disease*, 103(10): 2679-2679.

To Cite

Bilgili, A., 2025. Detection and Pathogenicity of *Fusarium proliferatum* Causing Wilt in Cotton in Sanliurfa Province. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 304-318.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14942643>.
