

ISSN 1300-0225
e-ISSN 2667-6087

ANADOLU

EGE TARIMSAL ARAşTIRMA
ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF
AEGEAN AGRICULTURAL
RESEARCH INSTITUTE

CİLT
VOLUME

35

SAYI
NUMBER

1

2025

TAGEM JOURNALS

ANADOLU

ISSN 1300-0225
E-ISSN 2667-6087

Sahibi ve Başkan (Owner and President)	:	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına Dr. Ertuğrul ARDA
Başkan Yardımcısı (Vice President)	:	Dr. Özge YILDIZ BAYRAM
Yayın Kurulu (Editorial Board)	:	Dr. Neşe ADANACIOĞLU - Baş Editör ve Yayın Kurulu Başkanı Editor-in-Chief and Head of Editorial Board Dr. Eylem TUĞAY KARAGÜL Dr. Ceylan BÜYÜKKİLEÇİ Dr. Neslihan ÖZSOY Dr. Seçil ALDEMİR Dr. Hülya OKKAOĞLU Dr. Şerife Nergis BAYAR Doç. Dr. Arzu ÇELİK OĞUZ
İstatistik Editörü (Statistics Editor)	:	Prof. Dr. Çiğdem TAKMA
İngilizce dil Editörü (English Language Editor)	:	Prof. Dr. Anne FRARY
Teknik Editörler (Technical Editors)	:	Erdem KARAGÖZ Gökhan AKDENİZ
Bilimsel Yayın Koordinatörü (Coordinator of Scientific Publishing)	:	Öznur ÖZGÜR

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün (ETAİ) yayın organı olan ANADOLU dergisi, tarım bilimleri alanındaki orijinal araştırma makalelerini Türkçe ve İngilizce olarak 1991 yılından itibaren yılda iki kez yayımlayarak, bu alanda iletişimi sağlayan çift kör hakemli, uluslararası ve açık erişimli bir dergidir.

Dergiye kabul edilecek yazıların, "ANADOLU Yazım Kuralları"na göre yazılmış olması gerekmektedir. ANADOLU yazım kurallarına, arşivine ve detaylı bilgiye derginin web adresinden ulaşılabilir.

Dergiye kabul edilecek makalelerin daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış olması ve yayım aşamasında bulunmaması gerekmektedir. ANADOLU'da yayımlanan makalelerde savunulan fikirler yazarlara aittir.

Abone koşulları: Abone bedeli T.C. Ziraat Bankası Menemen Şubesi 8445877-5001 (IBAN No: TR 75 0001 0001 4608 4458 7750 01) sayılı hesabına yatırılmalı, dekontun fotokopisi ETAİ'ye gönderilmelidir. ANADOLU'ya ilişkin abonelik veya reklam yazışmaları aşağıdaki adrese yapılmalıdır.

ANADOLU, Journal of the Aegean Agricultural Research Institute (AARI), Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, is devoted to original scientific research articles in the field of agricultural sciences. ANADOLU is an international, double-blind peer reviewed, open-access journal and published twice a year in Turkish and English since 1991.

Manuscripts to be submitted should be prepared according to "Publication Policy of ANADOLU". Archive, author instructions, and detailed information can be obtained from ANADOLU website.

Submitted articles are not published or not being considered for publication elsewhere. The ideas advocated in the articles to be published in ANADOLU is belong to the authors.

Subscription conditions: US\$ 12 per year, postage expenses is not included.

Enquiries about subscriptions, submission and advertisements should be forwarded to the following address.

ANADOLU

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Cumhuriyet Mah. Çanakkale Asfaltı Cad. No: 138
PK 9 Menemen 35660 İZMİR
e-mail: anadoludergisi@tarimorman.gov.tr
etae@tarimorman.gov.tr
anadolu.etae@gmail.com
http://dergipark.gov.tr/anadolu

ANADOLU

Aegean Agricultural Research Institute
Cumhuriyet Mah. Çanakkale Asfaltı Cad. No: 138
PO Box 9 Menemen 35660 IZMİR, TÜRKİYE
e-mail: anadoludergisi@tarimorman.gov.tr
etae@tarimorman.gov.tr
anadolu.etae@gmail.com
http://dergipark.gov.tr/anadolu

ISSN 1300-0225
e-ISSN 2667-6087

ANADOLU

EGE TARIMSAL ARAşTIRMA
ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF AEGEAN AGRICULTURAL
RESEARCH INSTITUTE

CİLT
VOLUME

35

SAYI
NUMBER

1

2025

ANADOLU

EGE TARIMSAL ARASTIRMAENSTITÜSÜ DERGİSİ
JOURNAL OF AEGEAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

ISSN 1300-0225 (Print) / e-ISSN 2667-6087 (Online)

AMAÇ ve KAPSAM

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün (ETAE) yayın organı olan ANADOLU, tarım bilimleri alanındaki orijinal araştırma makalelerini 1991 yılından bu yana Türkçe ve İngilizce olarak, yılda 2 kez (Haziran ve Aralık) yayınlayarak, bu alanda iletişimi sağlamaktadır.

ANADOLU, uluslararası olarak yayımlanan, açık erişimli bir dergidir. Makale değerlendirmeleri iki taraflı kör hakemlik ilkesine (double-blind peer review) göre yapılmaktadır. Dergide, daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış veya yayım aşamasında bulunmayan, araştırma makalelerine yer verilmektedir.

AIMS and SCOPE

ANADOLU, Journal of Aegean Agricultural Research Institute (AARI) publishes original scientific research articles in the field of agricultural sciences twice a year (June and December) in Turkish and English since 1991.

ANADOLU, publishes internationally, is an open-access journal and uses double-blind peer reviewed model. The journal invites original research papers in the field of agricultural sciences that are not published or not being considered for publication elsewhere.

ANADOLU'nun indekslendiği veri tabanları

ANADOLU is indexed by the following databases

TÜBİTAK ULAKBİM - TR Dizin, AGRIS, EBSCO, EBSCO Essentials, SOBIAD, GOOGLE AKADEMİK/ GOOGLE SCHOLARS, CiteFactor, CABI Direct and CAB Abstracts (including related abstracts), Academindex

ANADOLU hakkında bilgi ve yayımlanan sayılarına aşağıdaki web sitelerinden ulaşılabilir
Information about ANADOLU and its published issues can be found on the following websites.

DERGİ PARK (<http://dergipark.org.tr/anadolu>)

TÜBİTAK ULAKBİM - TR Dizin (<https://app.trdizin.gov.tr/dergi/TVRVNU9RPT0>)

ANADOLU

ISSN 1300-0225 e-ISSN 2667-6087

EGE TARIMSAL ARASTIRMA ENSTITÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF AEGEAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Sahibi ve Başkan (Owner and President) : Dr. Ertuğrul ARDA
Başkan Yardımcısı (Vice President) : Dr. Özge YILDIZ BAYRAM

YAYIN KURULU - EDITORIAL BOARD

Baş Editör ve Yayın Kurulu Başkanı -Editor-in-Chief and Head of Editorial Board

Dr. Neşe ADANACIOĞLU : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE

Editörler-Editors

Dr. Eylem TUĞAY KARAGÜL : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Dr. Ceylan BÜYÜKKİLEÇİ : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Dr. Neslihan ÖZSOY : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Dr. Seçil ALDEMİR : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Dr. Hülya OKKAOĞLU : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Dr. Şerife Nergis BAYAR : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Doç. Dr. Arzu ÇELİK OĞUZ : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

İstatistik Editörü - Statistics Editor

Prof. Dr. Çiğdem TAKMA : Ege Ü. Ziraat Fak. Zootečni Böl., İzmir/ TÜRKİYE

İngilizce Dil Editörü - English Language Editor

Prof. Dr. Anne FRARY : İzmir Yüksek Tek. Ens. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl., İzmir/TÜRKİYE

Teknik Editörler- Technical Editors

Erdem KARAGÖZ : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Gökhan AKDENİZ : Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE

Telefon-Phone	: + 90 232 8461331 (Pbx)
Faks-Fax	: + 90 232 8461107
Enstitü e-posta-AARI e-mail	: etae@tarimorman.gov.tr
Dergi e-posta-Journal e-mail	: anadolu.etae@gmail.com anadoludergisi@tarimorman.gov.tr
Adres-Address	: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Cumhuriyet Mah. Çanakkale Asfaltı Cad. No: 138 P.K. 9 Menemen 35660 İZMİR
ETAE web sitesi-AARI website	: http://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae
ANADOLU web sitesi- ANADOLU website	: http://dergipark.gov.tr/anadolu
ANADOLU Bilimsel Yayın Koordinatörü-Coordinator of Scientific Publishing	: Öznur ÖZGÜR Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen-İzmir/TÜRKİYE
Basım yeri-Publishing house	: Printer Ofset 865 Sok. No:23 Kemeraltı Konak/İZMİR
Basım tarihi-Publication date	: 30.06.2025

ANADOLU

ISSN 1300-0225 / e-ISSN 2667-6087

ULUSLARARASI YAYIN KURULU-INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Konstadinos MATTAS

Aristotle University of Thessaloniki, GREECE

Prof. Dr. Khaled F. M. SALEM

University of Sadat City, Department of Plant
Biotechnology, Genetic Engineering and
Biotechnology Research Institute (GEBRI), EGYPT

Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department
of Horticulture, Erzurum, TÜRKİYE

Assoc. Prof. Birsen ÇAKIR AYDEMİR

Ege University, Faculty of Agriculture, Department of
Horticulture, Bornova, İzmir, TÜRKİYE

Prof. Dr. Maharram HUSEYNOV

Azerbaijan State Agricultural University, AZERBAIJAN

Arzu BABAZADE

Azerbaijan State Agricultural University Department of
Crop Science, AZERBAIJAN

Dr. P.E.RAJASEKHARAN

Division of Plant Genetic Resources Indian Institute of
Horticultural Research, INDIA

Prof. Dr. Azra SKENDER

University of Bihać, Biotechnical Faculty, BOSNIA and
HERZEGOVINA

Dr. Kumarse NAZARI

International Center for Agricultural Research in the Dry
Areas (ICARDA), TÜRKİYE

Dr. Nazar RUSTAMOV SARVAR O'G'LI

Scientific and Production Center for Growing and
Processing Medicinal Plants, UZBEKISTAN

ANADOLU

ISSN 1300-0225 / e-ISSN 2667-6087

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU / SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Bahçe Bitkileri / Horticulture

Prof. Dr. Mirela Irina CORDEA	University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine USAMV Cluj Faculty of Horticulture, ROMANIA	mcordea@usamvcluj.ro
Prof. Dr. İbrahim DUMAN	Ege Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	ibrahim.duman@ege.edu.tr
Prof. Dr. Hülya İLBİ	Ege Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	hulya.ilbi@ege.edu.tr
Prof. Dr. Fatih ŞEN	Ege Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	fatih.sen@ege.edu.tr
Prof. Dr. Yüksel TÜZEL	Ege Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	yuksel.tuzel@ege.edu.tr
Dr. Öğr. Üyesi Emrah ZEYBEKOĞLU	Ege Ü. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	emrah.zeybekoglu@ege.edu.tr

Bitki Koruma / Plant Protection

Prof. Dr. Nafiz DELEN	Ege Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	nafiz.delen@gmail.com
Prof. Dr. M. Nedim DOĞAN	Aydın Adnan Menderes Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Aydın/TÜRKİYE	mndogan@adu.edu.tr
Prof. Dr. Serdar TEZCAN	Ege Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	serdar.tezcan@ege.edu.tr
Prof. Dr. Necip TOSUN	Ege Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Bornova-İzmir/TÜRKİYE	necip.tosun@ege.edu.tr
Prof. Dr. Sibel UYGUR	Çukurova Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Adana/TÜRKİYE	suygur@cu.edu.tr

Biyoloji / Biology

Prof. Dr. Teoman KESERCİOĞLU	Akdeniz Karpaz Üniversitesi/KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ	teoman.koglu@gmail.com
------------------------------	---	------------------------

Biyçeşitlilik ve Genetik Kaynaklar / Biodiversity and Genetic Resources

Prof. Dr. Alptekin KARAGÖZ	Aksaray Ü. Aksaray Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Aksaray/TÜRKİYE	akaragoz@aksaray.edu.tr
----------------------------	--	-------------------------

Biyomühendislik / Bioengineering

Prof. Dr. Nazan DAĞÜSTÜ	Uludağ Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Bursa/TÜRKİYE	ndagustu@uludag.edu.tr
Prof. Dr. Anne FRARY	İzmir Yüksek Tek. Ens. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl., İzmir/TÜRKİYE	annefrary@iyte.edu.tr
Prof. Dr. Aynur GÜREL	Ege Ü. Mühendislik Fak. Biyomühendislik Böl., İzmir/TÜRKİYE	aynur.gurel@ege.edu.tr

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

Prof. Dr. Şenay ŞİMŞEK	North Dakota State University (NDSU), Dept. of Plant Sciences ND, USA	senay.simsek@ndsu.edu
------------------------	---	-----------------------

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

Prof. Dr. Hakan ADANACIOĞLU	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl., Bornova-İzmir/TÜRKİYE	hakan.adanacioglu@ege.edu.tr
Prof. Dr. Cristina Bianca POCOL	University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, USAMV Cluj-Napoca / ROMANIA	cristina.pocol@usamvcluj.ro

Tarımsal Yapılar ve Sulama / Agricultural Structures

Prof. Dr. Şerafettin AŞIK	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., İzmir/TÜRKİYE	serafettin.asik@ege.edu.tr
---------------------------	---	----------------------------

Tarım Makinaları / Agricultural Machinery

Prof. Dr. Harun YALÇIN	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarım Makinaları ve Teknolojileri Müh. Böl., İzmir/TÜRKİYE	harun.yalcin@ege.edu.tr
------------------------	---	-------------------------

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / Soil Science and Plant Nutrition

Prof. Dr. Nur OKUR	Ege Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., İzmir/TÜRKİYE	nur.okur@ege.edu.tr
Prof. Dr. Sadık USTA	Ankara Ü. Ziraat Fak. Toprak Böl., Ankara/TÜRKİYE	susta@agri.ankara.edu.tr
Prof. Dr. Mahmut TEPECİK	Ege Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., İzmir/TÜRKİYE	mahmut.tepecik@ege.edu.tr

Zootekni / Animal Science

Prof. Dr. Türker ŞAĞAŞ	Çanakkale Onsekiz Mart Ü. Ziraat Fak. Zootekni Böl., Çanakkale/TÜRKİYE	tsavas@comu.edu.tr
Prof. Dr. Çiğdem TAKMA	Ege Ü. Ziraat Fak. Zootekni Böl., İzmir/TÜRKİYE	cigdem.takma@ege.edu.tr
Prof. Dr. Banu YÜCEL	Ege Ü. Ziraat Fak. Zootekni Böl., İzmir/TÜRKİYE	banu.yucel@ege.edu.tr

Tarla Bitkileri / Field Crops

Prof. Dr. Emine BAYRAM	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., İzmir/TÜRKİYE	emine.bayram@ege.edu.tr
Prof. Dr. Mehmet Emin ÇALIŞKAN	Niğde Ömer Halisdemir Ü. Tarım Bil. ve Tek. Fak. Tarımsal Genetik Mühendisliği Böl., Niğde/TÜRKİYE	caliskanme@ohu.edu.tr
Prof. Dr. Hakan GEREN	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., İzmir/TÜRKİYE	hakan.geren@ege.edu.tr
Prof. Dr. A. Tanju GÖKSOY	Uludağ Ü. Ziraat Fak., Tarla Bitkileri Böl., Bursa/TÜRKİYE	agoksoy@uludag.edu.tr
Prof. Dr. Emre İLKER	Ege Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., İzmir/TÜRKİYE	emre.ilker@ege.edu.tr
Prof. Dr. Yalçın KAYA	Trakya Ü. Müh. Fak. Genetik ve Biyomühendislik Böl., Edirne	yalcinkaya@trakya.edu.tr
Prof. Dr. Orhan KURT	Ondokuz Mayıs Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Samsun.	orhank@omu.edu.tr
Prof. Dr. Temel ÖZEK	Anadolu Ü. AUBİBAM, Eskişehir/TÜRKİYE	tozek@anadolu.edu.tr
Prof. Dr. Hakan ULUKAN	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Böl., Ankara Türkiye	ulukank@ankara.edu.tr
Prof. Dr. Aydın ÜNAY	Aydın Adnan Menderes Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Aydın/TÜRKİYE	aunay@adu.edu.tr
Prof. Dr. Nusret ZENCİRCİ	Bolu Abant İzzet Baysal Ü. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Moleküler Biyoloji Ana Bilim Dalı, Bolu/TÜRKİYE	nzencirci@ibu.edu.tr

BU SAYININ BİLİMSEL HAKEM KURULU
(Scientific Advisory Board of This Issue)
(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

Anadolu Yayın Kurulu, Anadolu Bilim Kuruluna ve bu sayıdaki makaleleri değerlendiren katkıda bulunan aşağıdaki hakemlere içten teşekkürlerimizi sunarız.

Anadolu Editorial Board express its sincere thanks to the Anadolu Scientific Board and the following referees who have contributed by evaluating the articles in this issue.

Assistant Professor Dr. A. Zeki HEPÇİMEN	Manisa Celâl Bayar University
Prof. Dr. Alpay BALKAN	Tekirdağ Namık Kemal University
Prof. Dr. Aydın ÜNAY	Adnan Menderes University
Dr. Ayşe KAHRAMAN	Aegean Agricultural Research Institute
Assistant Professor Dr. Bahadır ŞİN	Sakarya University of Applied Sciences
Assoc. Prof. Dr. Birsen ÇAKIR AYDEMİR	Ege University
Assoc. Prof. Dr. Deniz EROĞUL	Ege University
Assistant Professor Dr. Duygu İNAN	Ege University
Assistant Professor Dr. Elif Merve KAHRAMAN	İstanbul Aydın University
Assistant Professor Dr. Emel KARACA ÖNER	Ordu University Technical Sciences Vocational School
Assistant Professor Dr. Esengül ERDEM	Şırnak University
Prof. Dr. Fatih KALYONCU	Manisa Celâl Bayar University
Prof. Dr. Ferit ÇOBANOĞLU	Adnan Menderes University
Prof. Dr. Hakan ADANACIOĞLU	Ege University
Prof. Dr. Hakan ULUKAN	Ankara University
Prof. Dr. Hilal TUNCA COSIC	Ankara University
Assistant Professor Dr. Mehmet ALAGÖZ	Isparta University of Applied Sciences
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Kadri BOZOKALFA	Ege University
Prof. Dr. Maharram HUSEYNOV	Azerbaijan State Agricultural University
Prof. Dr. Mustafa OSKAY	Manisa Celâl Bayar University
Dr. Nur Sivri	İstanbul Directorate of Agricultural Quarantine
Dr. Nurcan AYŞAR GÜZELSOY	Central Research Institute of Food and Feed Control, Bursa
Səfərov Xasafat	Azerbaijan State Agriculture University
Dr. Seyfullah BİNBİR	Aegean Agricultural Research Institute
Prof. Dr. Serdar TEZCAN	Ege University
Prof. Dr. Şahane Funda ARSLANOĞLU	Ondokuz Mayıs University
Prof. Dr. Şevket ALP	Van Yüzüncü Yıl University
Prof. Şerafettin AŞIK	Ege University
Prof. Dr. Uğur GÖZEL	Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr. Ümran ŞENEL	Aegean Agricultural Research Institute
Prof. Dr. Vedat CEYHAN	Ondokuz Mayıs University
Dr. Yeşim EĞERCİ	Directorate of Plant Protection Research Institute Bornova-İzmir

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Sayfa
Page

Determination of Yield and Quality in Some Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Cultivars Under Diyarbakır Ecological Conditions <i>Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Bazı Aspir (Carthamus tinctorius L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Bakımından Belirlenmesi</i> Ş. KAHRAMAN.....	1
<i>Cacopsylla pyri</i> (L.) (Hemiptera: Psyllidae)'nin Kimyasal Mücadelesinde Yazlık Mineral Yağ ve İnsektisit Karışımlarının Etkinliğinin Belirlenmesi <i>Determination of the Effectiveness of Summer Mineral Oil and Insecticide Mixtures for Chemical Management of Cacopsylla pyri (L.) (Hemiptera: Psyllidae)</i> M. S. SEVİNÇ, M. M. YEŞİLIRMAK, M. AKSU, F. AKYÜZ, G. ÖZTÜRK, İ. NAZLI.....	8
Kırklareli Koşullarında Farklı Sulama Suyu Seviyelerinin Şeker Sorgumu ve Silajlık Mısır Bitkilerinin Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisi <i>Effect of Different Irrigation Water Levels on Yield and Quality Parameters of Sugar Sorghum and Silage Maize Plants in Kırklareli Conditions</i> İ. Ö. ÖZTÜRK, S. ÖZER, Ü. ÇEBİ, B. AYDIN, G. G. AVCI.....	26
Nutritional Composition, Phytochemical Constituents and Cytotoxicity of <i>Dipcadi glaucum</i> (Burch. ex Ker Gawl.) Baker <i>Nutritional Composition, Phytochemical Constituents and Cytotoxicity of Dipcadi glaucum (Burch. ex Ker Gawl.) Baker</i> C. CHAPANO, C. BENHURA, S. KATIVU, C. ZIMUDZI, C. S. BJORÅ, B. STEDJE.....	41
Incidence and Population Density of Nematodes in Corn Fields in Tekirdağ, Türkiye <i>Tekirdağ, Türkiye'deki mısır tarlalarında nematodların görülme sıklığı ve popülasyon yoğunluğu</i> L. ÖZTÜRK, G. G. AVCI, İ. H. ELEKCİOĞLU	51
The Effect of Salt and Drought Stresses on Germination and Early Seedling Growth of Different Linseed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) Varieties <i>Tuz ve Kuraklık Stresinin Farklı Keten (Linum usitatissimum L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimine Etkisi</i> Y. ERDOĞDU, İ. ORHAN.....	62
Patlıcan (<i>Solanum melongena</i> L.) Fidesi Üretiminde Organik ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Büyüme Parametreleri Üzerindeki Etkileri <i>Effects of Organic and Inorganic Fertiliser Applications on Growth Parameters in Eggplant (Solanum melongena L.) Seedling Production</i> H. KARTAL, A. DURUKAN KUM, S. DOKSÖZ BONCUKÇU	74
<i>Bacillus cereus</i> Strain BBS7 Kök Bakterisi İzolatının Kuraklık Stresi Altında Domateste Isı Şok Genlerinin İfadesi Üzerine Etkileri <i>Effects of Bacillus cereus strain BBS7 Rhizobacterium Isolate on the Expression of Heat Shock Genes in Tomato Under Drought Stress</i> M. E. GÜÇLÜER, B. Ç. AYDEMİR	85
Milk and Dairy Products Consumption Behavior of Azerbaijan State Agricultural University Students <i>Azerbaycan Devlet Tarım Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Davranışları</i> S. VELIZADE, Ç. TAKMA, H. ADANACIOĞLU, O. YERLİKAYA	94

İncir Araştırmalarındaki Eğilimler ve Yönelimler: Bibliyometrik Bir Değerlendirme <i>Trends and Patterns in Fig Research: A Bibliometric Perspective</i> G. YILDIRIM, F. ÇOBANOĞLU.....	107
<i>In Vitro</i> Propagation of Medicinal and Ornamental Plant <i>Oxalis triangularis</i> A.st.-Hil. <i>Tıbbi ve Süs Bitkisi Oxalis triangularis</i> A.st.-Hil. 'in <i>In Vitro</i> Çoğaltımı B. ÇETİN, I. I. I. MARUSH	124
Vulnerability of Fruit Cultivation to Climate Change and Suggested Solutions: Modern Biotechnological Approaches (CRISPR/Cas9 and RNAi) <i>Meyve Yetiştiriciliğinin İklim Değişikliğinden Etkilenebilirliği ve Çözüm Önerileri: Modern Biyoteknolojik Yaklaşımlar (CRISPR/Cas9 ve RNAi)</i> Ç.KAYA	131

Determination of Yield and Quality in Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars Under Diyarbakır Ecological Conditions

Şerif KAHRAMAN* 

*Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Malatya/TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0003-1160-0792>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): serif.kahraman@ozal.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 11.07.2024 Accepted (Kabul tarihi): 19.01.2025

ABSTRACT: Safflower oil is used as both cooking oil and industrial oil. Safflower is tolerant to cold, drought, and salinity conditions. This study was conducted to determine the safflower cultivars suitable for Diyarbakır ecological in conditions, and was performed during the 2014-2015, 2015-2016, and 2016-2017 growing seasons. The experiments were conducted in the trial field of "GAP International Agricultural Research and Educational Center. This experiment was designed according to the Randomized Block with three replications. Balcı, Dinçer, Linas, Olas and Remzibey-05 varieties were used in the experiment. Seeds were sown with 30 cm row spacing. In terms of three year average values, significant differences were observed at the 1 % level among the safflower varieties for plant height, head number per plant, thousand seed weight, crude oil ratio, and seed yield. According to the results, the highest seed yield was obtained in the Remzibey-05 cultivar (1882 kg ha⁻¹), and the lowest yield was obtained from Balcı variety (1514 kg ha⁻¹). In addition, plant height (110.2-116.7 cm), head number per plant (13.9-17.5), head diameter (2.18-2.21 cm), thousand seed weight (33.4-36.2 g), and crude oil ratio (26.67 - 35.75 %) were determined. To conclude, based on three years of study, it was observed that the Remzibey-05 cultivar could be recommended for Diyarbakır ecological conditions.

Keywords: Head diameter, safflower, *Carthamus tinctorius* L., seed yield, oil ratio.

Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Bakımından Belirlenmesi

ÖZ: Aspir yağı, hem yemeklik yağ hem de endüstriyel yağ olarak kullanılır. Ayrıca, aspir bitkisi, soğuğa, kuraklığa ve tuzluluk koşullarına dayanıklıdır. Bu çalışma, 2014-2015, 2015-2016 ve 2016-2017 yetiştirme sezonlarında, Diyarbakır ekolojik koşullarına uygun Aspir çeşitlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Denemeler GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi deneme tarlasında yürütülmüştür. Bu deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak tasarlanmıştır. Denemede Balcı, Dinçer, Linas, Olas ve Remzibey-05 çeşitleri kullanılmıştır. Tohumlar 30 cm sıra arasına ekilmiştir. Üç yıllık ortalama değerler açısından; bitki boyu, bitkide başak sayısı, bin tohum ağırlığı, ham yağ oranı ve tohum veriminde aspir çeşitleri arasında % 1'e göre önemli farklılıklar bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre en yüksek tohum verimi Remzibey-05 çeşidinden (188,2 kg/da), en düşük verim ise Balcı çeşidinden (151,4 kg/da) elde edilmiştir. Ayrıca, bitki boyu (110,2-116,7 cm), bitki başına tabla sayısı (13,9-17,5), tabla çapı (2,18-2,21 cm), bin tane ağırlığı (33,4-36,2 g) ve ham yağ oranı (%26,67 – 35,75) belirlenmiştir. Sonuç olarak, üç yıllık bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak, Remzibey-05 çeşidi Diyarbakır ekolojik koşulları için önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Tabla çapı, aspir, *Carthamus tinctorius* L., tane verimi, yağ oranı.

INTRODUCTION

Safflower (*Carthamus tinctorius* L., 2n = 2x = 24) is a valuable annual and herbaceous cultivar from the Asteraceae (Knowles, 1980). Safflower (*C. tinctorius* L.), is reported to have originated in southern Russia, Iran, Türkiye, Jordan, Iraq, and Israel (Knowles, 1989; Yaşar and Sezgin, 2023). Safflower is a very

important plant in terms of contributing to the biodiesel and dye industries and has a fatty acid composition suitable for human consumption (Huth et al. 2015; Subaşı et al., 2023). Safflower is considered tolerant to cold, drought, and salinity conditions compared to other oil crops. Thus, it has important potential to contribute to the production of edible oil

in *Türkiye*. Having these features, the cultivation of safflower is significant for the national economy (Kayaçetin *et al.*, 2012). Oil quality of safflower is very high due to its fatty acid composition. Safflower oil is an important source of polyunsaturated fatty acids, which are accepted as healthy fatty acids for people (Shivani *et al.*, 2010).

Türkiye's safflower production was 39,000 tons, on 32,129 ha. The provinces with the highest safflower production ratio in 2023 were Kayseri at 29.5%, Isparta at 13.1%, Konya at 12.4%, Kırşehir at 9.3%, Nevşehir at 8.8%, Ankara at 6.2% and Aksaray at 5.9% of production. In *Türkiye*, 85.2% of total safflower production occurs in these provinces. Diyarbakır province's production was 12 tons, on 9.9 ha with an average yield of 1,210 kg ha⁻¹ in 2023 (Anonymous, 2023). The world's safflower production was 653,030 tons, on 816,699 ha with an average yield of 799 kg ha⁻¹ in 2020 (Anonymous, 2021). In *Türkiye*, edible vegetable oil production does not meet the domestic need which results in vegetable oil deficiency (Babaoglu and Guzel, 2015). In 2022, 3.17 billion dollars were paid for oilseed imports, and 3.02 billion dollars were paid for vegetable and animal oils in *Türkiye* (Duru, 2024). The worldwide vegetable oil crisis and price hikes have increased the importance of safflower oil sources, which may be used as an alternative to other oil plants such as palm, soybean, rapeseed, sunflower, and peanut. Safflower, which completes its biological growth and development cycles within 4-5 months, is gradually increasing its importance as an alternative plant that can be utilized, especially in agricultural areas where irrigation is not available in dry farming conditions (Baydar and Erbaş, 2014). The oil percentage of registered commercial safflower varieties in *Türkiye* varies between 24-41%, and varieties that are rich in linoleic and oleic acid are cultivated (Arslan *et al.*, 2019). The nutrient content of safflower meal varies depending upon the method used for extraction. With regard to nutrients, dehulled safflower meal is almost equivalent to soybean meal (Ozek, 2016).

Safflower is used in a wide range of sectors from drug making, paint industry, cosmetic product development, various food production, ruminant, and poultry nutrition to biodiesel production, which has a

place in traditional and modern medicine (Kütük Dinçel, 2024).

For the cultivation of safflower, *Türkiye* has very favorable climatic and soil conditions (Eryılmaz *et al.*, 2014). Safflower can be sown as winter and summer crops in *Türkiye*. The gene center of the safflower plant is Anatolia, it has a high adaptability to different ecologies, its cultivation is similar to grain production that the farmer is used to, it is compatible with grain mechanization, and can be planted in summer and winter. Kahraman *et al.* (2014) reported that Remzibey-05 cultivar with sowing dates of 15st November and 15th December can be suitable in Diyarbakır conditions with respect to yield and the other characters.

The main goal of safflower breeding studies has been to develop new safflower varieties with high grain yield and/or oil content, taking into account the needs of different demand groups, and to include them in the production chain (Köse, 2016). Today, as a result of breeding studies, new varieties that are superior in terms of yield and agricultural characters are being developed. It is known that the newly developed varieties give different results in different regions. Therefore, regional adaptation studies are especially important for new varieties. This study was conducted to determine which safflower cultivars can be cultivated under the conditions of Diyarbakır, *Türkiye*.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in Diyarbakır, *Türkiye* during the 2014-2015, 2015-2016, and the 2016-2017 growing seasons. The research site is located on 37°30' and 38°43' north latitude and 40°37' and 41°20' east longitude, 600 meters above sea level. In the province of Diyarbakır where the field experiments were conducted, the annual rainfall mostly happens between October and June. The proportional humidity rate is relatively low. Summers are mostly hot, dry, and clear, while winters are cold and partly cloudy. The annual average rainfall of the region was 474 mm in the 2014-2015, 2015-2016, and 2016-2017 years (Table 1). Planting was performed at GAP International Agricultural Research and Training Center research area.

This experiment was designed with a Randomized Complete Block Design with three replicates. The varieties that were used in the experiment were Balcı, Dinçer, Linas, Olas, and Remzibey-05 (Table 2). Before planting, soil (15-20 cm deep) was plowed and harrowed. The seeds were mechanically sowed as 120 seeds per square meter on the dates 27.12.2014, 27.11.2015, and 12.12.2016. Each plot consisted of four rows, 30 cm inter-row, and 5 meters in length. Safflower maximum seed yield Ayaz variety using was determined (30×10 cm) 1577 kg ha⁻¹ (Gürsoy *et al.*, 2018). To the parcels, in total 100 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) was applied in two parts, 50 kg ha⁻¹ of the nitrogen was applied before planting, while the rest was applied when the plants reached 20-30 cm

tall. Additionally, 50 kg ha⁻¹ phosphorous (P) was applied before planting.

During the growing season, irrigation was not supplied. Plants in each plot were harvested mechanically for the grain yields on 20.07.2015, 13.07.2016, and 28.07.2017. After harvest, safflower seeds were kept in the oven at 70° for 48 hours to remove moisture. The percent crude oil ratio of 4 g seeds with moisture removed was calculated in the Nuclear Magnetic Resonance (NMR) device. Analysis of variance was calculated for each trait and LSD (Least significant difference) test was applied (at the 0.05 level) to determine statistical significance (Steel and Torrie, 1980). Safflower varieties in three-year mean values and statistical groups are given.

Table 1. Climate data of Diyarbakır province for the long years and 2014-2015, 2015-16 and 2016-17 years.

Çizelge 1. Diyarbakır ilinin uzun yıllar ve 2014-2015, 2015-16 ve 2016-17 yıllarına ait iklim verileri.

Months	Average Temperature (°C)				Total Precipitation (mm)			
	2014-15	2015-16	2016-17	LY	2014-15	2015-16	2016-17	LY
October	17.5	18.4	18.8	17.2	34.2	84.2	13.6	34.7
November	8.3	9.8	8.2	9.2	97.6	10.4	52.0	51.8
December	6.7	3.9	2.4	4.0	73.6	31.6	135.6	71.4
January	2.3	1.1	1.5	1.8	64.6	77.2	20.6	68.0
February	5.4	7.9	1.5	3.5	55.2	69.2	3.8	68.8
March	8.2	9.7	9.4	8.5	127.0	55.6	90.2	67.3
April	12.4	15.7	12.8	13.8	48.6	29.0	98.8	68.7
May	18.8	19.9	18.8	19.3	48.2	41.4	30.6	41.3
June	26.1	26.8	26.9	26.3	7.4	18.4	2.6	7.9
Mean	11.7	12.6	11.1	11.5	Total 556.4	417.0	447.8	479.9

LY: Long Years

Table 2. Comparison of some properties of registered safflower varieties.

Çizelge 2. Tescilli aspir çeşitlerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması.

Cultivars	Thorniness	Flower color	Plant height (cm)	Crude oil ratio (%)	Seed yield (in the dry) (kg ha ⁻¹)	Seed yield (in water) (kg ha ⁻¹)	Registration year
Balcı	thorny	yellow	55-70	38-41	1200-2400	-	2011
Dinçer	thornless	red	90-110	28-32	1000-2500	3500-4000	1983
Linas	thorny	yellow	85-90	37-38		3000-3500	2013
Olas	thorny	yellow	90-100	39-41	2400-2500	-	2015
Remzibey-05	thorny	yellow	60-80	35-38	1000-2000	2000-3500	2005

Reference: Arslan *et al.*, 2019.

RESULTS AND DISCUSSION

Significant differences ($p < 0.01$) among the cultivars were determined in terms of plant height, head number per plant, thousand-seed weight, seed yield and crude oil ratio. According to the findings of this experiment, the highest plant height was obtained from the Linas cultivar with 116.7 cm, while the Balcı cultivar was shortest at 110.2 cm (Table 3). Coskun (2014) stated that the plant height of safflower ranges between 108.89-118.67 cm. Likewise, Oz (2016) stated that the plant height of safflower varied between 100.5-158.6 cm. In another study, Atan *et al.* (2019) observed that the plant height of safflower ranged between 143.83-163.67 cm. Sayılır *et al.* (2019) observed that the plant height of safflower varied between 86.3-103.3 cm. Our height results were lower than the findings of Atan *et al.* (2019), but higher than those of Sayılır *et al.* (2019), and similar to the findings of others. Research has reported that plant height in safflower varies depending on location, agricultural practices, climatic conditions and varieties. Sayılır *et al.* (2019) used less fertilizer than we did, while Atan *et al.* (2019) used more fertilizer than we did.

The highest head number per plant was obtained in the Remzibey-05 cultivar with 17.5/plant, whereas the Linas cultivar was the lowest head number with 13.9/plant (Table 3). Katar *et al.* (2014) noted that the head number per plant ranged between 12.5-18.7/plant. In a study conducted by Oz (2016), it was stated that the head number per plant varied between 17.1-29.4/plant. Similarly, Atan *et al.* (2019) observed that the head number per plant varied between 11.83-16.20/plant. Sayılır *et al.* (2019) observed that the head number per plant ranged between 13.38-25.61/plant. Head numbers of our study were found to be lower than the values in the study carried out by Oz (2016) and Sayılır *et al.* (2019). Row and intra row spacing were 40*15 cm by Oz (2016). Differences may vary depending on agricultural practices, climatic conditions (winter sowing and summer sowing, such as amount and time of precipitation) and variety. The average rainfall of the region (in Diyarbakır) was 474 mm over the three-year period. Zarei *et al.* (2011) reported that number of head per plant was greatly affected by environmental conditions particularly plant density.

Table 3. Average values and statistical groups of safflower cultivars in three-year mean.

Çizelge 3. Aspir çeşitlerinin üç yıllık ortalama değerleri ve istatistiksel grupları.

Cultivars	Plant height (cm)	Head number per plant	Head diameter (cm)	Thousand-seed weight (g)	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Crude oil ratio (%)
Balcı	110.2 c	14.1 bc	2.18	36.2 a	1514 c	34.71 a
Dinçer	113.3 b	15.4 b	2.18	35.2 a	1656 b	26.67 c
Linas	116.7 a	13.9 c	2.19	35.8 a	1522 b	34.71 a
Olas	116.5 a	14.4 bc	2.21	36.1 a	1581 b	35.75 a
Remzibey-05	112.6 b	17.5 a	2.21	33.4 b	1882 a	28.82 b
CV (%)	2.8	9.7	3.76	4.35	8.57	1.75
LSD Variety	3.1**	1.42**	ns	1.5**	135.9**	1.77**

ns: none significant, **: significant at 0.01 level

The head diameter ranged between 2.18-2.21 cm (Table 3). Regarding head diameter, in the study carried out by Hatipoglu *et al.* (2012) head diameters were recorded as 1.63-2.07 cm. Sayılır *et al.* (2019) head diameters were recorded as 1.8-2.3 cm. Aslantas and Akinerdem (2020) stated that head diameters ranged between 2.06-2.25 cm. Çamaş and Esendal (2006) emphasized that environmental conditions have a great effect on this feature. Our findings were

higher than the findings of Hatipoglu *et al.* (2012). In general, our results showed partial similarity with other reports.

The highest thousand-seed weight was obtained in the Balcı cultivar at 36.2 g, while the Remzibey-05 cultivar was the lowest at 33.4 g (Table 3). Accordingly, in the study done by Coskun (2014), thousand-seed weight ranged between 33.78-39.00 g. Based on the experimental results observed by Oz

(2016), thousand-seed weight varied between 34.1-36.9 g. Köse *et al.* (2021) stated that thousand-seed weight ranged between 32.1-40.4 g. Yazdani *et al.* (2019) stated that thousand-seed weight ranged between 29.27-47.58 g. Tahernezhad *et al.* (2018) observed that the values for thousand-seed weight are mostly influenced by genetic factors. Differences may be due to environmental (winter sowing and summer sowing, amount and time of precipitation, soil structure) conditions, fertilizer applications and different cultivars used. Our results showed partial similarity with the findings of Köse *et al.* (2021) who examined 12 safflower lines and three varieties in their research.

The highest seed yield was obtained in the Remzibey-05 cultivar (1882 kg ha⁻¹), whereas in the Balçı cultivar the yield was the lowest (1514 kg ha⁻¹) (Table 3). Coskun (2014) stated that seed yield ranged between 2643.3-2374.4 kg ha⁻¹. As a cultivar, Remzibey-05 is more suitable for this region than the other two varieties for high seed yield. Katar *et al.* (2014) stated that seed yield varied between 1485-1838 kg ha⁻¹. Ghorbanzadeh *et al.* (2014) found difference results depending on sowing time: 2330 kg ha⁻¹ in the autumn sowing time and 1405.4 kg ha⁻¹ in the spring. Köse *et al.* (2018) stated that seed yield varied between 1150.8-1990.5 kg ha⁻¹. Atan *et al.* (2019) stated that seed yield ranged between 1883.3-2627.8 kg ha⁻¹. Sayılır *et al.* (2019) stated that seed yield varied between 1560-2500 kg ha⁻¹. Arslan and Culpan (2020), stated that seed yield varied between 982-1712 kg ha⁻¹. Köse *et al.* (2021) stated that seed yield changes varied between 834-1795 kg ha⁻¹. Aslan and Sirat (2022) stated that seed yield ranged between 935.2-1280.6 kg ha⁻¹. Our findings were lower than the findings of Coskun (2014) and Atan *et al.* (2019), higher than the findings of Köse *et al.* (2021), Arslan and Culpan (2020) and Aslan and Sirat (2022). In general, however, our results were mostly similar with others' findings. Differences may be due to environmental (winter sowing and summer sowing, such as amount and time of precipitation, soil structure) conditions, fertilizer applications and different cultivars used. Köse *et al.* (2021), Arslan and Culpan (2020) and Aslan and Sirat (2022) used summer sowing. The yield potential of winter sowing

is higher than the yield potential of summer sowing. Besides, the annual average rainfall of the region (in Diyarbakır) was 474 mm in the 2014-2015, 2015-2016, and 2016-2017 years which may explain differences among studies.

The crude oil ratio obtained in the Olas cultivar was highest with a 35.75% ratio, while in the Dinçer cultivar this ratio was lowest (26.67%) (Table 3). Likewise, Coskun (2014), Kobuk *et al.* (2019), Sayılır *et al.* (2019), Arslan and Culpan (2020), Aslan and Sirat (2022), Koç (2019) and Atan *et al.* (2019) stated that the crude oil ratio varied between 28.67-30.44%, 25.78-35.16%, 25.35-35.03%, 28.12-36.66%, 26.28-30.92%, 28.8-36.5% and 34.38-38.49%, respectively. Thus, our results were similar to previous findings. The differences may be due to environmental conditions, the use of different genotypes, the oil analysis method, and applications.

A correlation analysis was conducted to determine the relationship between the yield of safflower cultivars and all other parameters (Table 4). It was determined that there were positive and significant relationships between seed yield and plant height, the number of heads per plant and thousand grain weight; whereas, there were negative and significant relationships between grain yield and crude oil ratio.

In previous work, statistically significant positive relationships was found among seed yield and plant height, the number of heads per plant; whereas there were negative and significant relationships between grain yield and oil ratio (Omidi *et al.*, 2012; Paseban Eslam, 2015; Oz, 2016). Köse *et al.* (2021) reported that statistically significant positive relationships was found among the seed yield and head diameter ($r=401^{**}$), oil ratio ($r=299^{**}$), and number of heads per plant ($r=0.182^{*}$). In addition, Köse *et al.* (2021) reported that statistically significant negative relationships was found between seed yield and plant height ($r=421^{**}$).

Table 4. Correlation coefficients among the inspected features.
Çizelge 4. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları.

	Seed yield	Plant height	Head number per plant	Head diameter	Thousand-seed weight
Plant height	0,3976**				
Head number per plant	0,8916**	0,4272**			
Head diameter	-0,1029	-0,2804	-0,0165		
Thousand-seed weight	0,3789**	0,5098**	0,3766*	-0,2681	
Crude oil ratio	-0,3058*	0,0492	-0,3721*	-0,0208	0,3279*

*Correlation is significant at the 0.05 level. **Correlation is significant at the 0.01 level.

In this study, the Remzibey-05 cultivar had high values in terms of grain yield, head number per plant and head diameter. Besides, Olas, Linas and Balcı varieties showed superior values in terms of oil

content. To conclude, based on the three years during which this study was conducted, the Remzibey-05 cultivar is recommended due to its high productivity under Diyarbakır ecological conditions.

REFERENCES

- Anonymous. 2021. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>. Access Date: 30.12.2021.
- Anonymous. 2023. Turkish Statistical Institute. Agriculture/Crop Production Statistics. Available at: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Access Date: 10.10.2024.
- Arslan, B. and E. Culpun. 2020. Determination of Agricultural and Technological Traits of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes Developed by Cross Breeding. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences 30(4): 742-750. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.703793>
- Arslan, B., H. Çakır, and E. Culpun. 2019. Yeni geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bazı özellikleri bakımından karşılaştırılması. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi. Uygulamalı Bilimler. 113-121.
- Aslan, D., and A. Sirat. 2022. Gümüşhane (Kelkit) Koşullarında Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi 11 (2): 263-276. <https://doi.org/10.29278/azd.1072602>
- Aslantas, S. and F. Akinerdem. 2020. Effects of Different Sowing Dates on Yield, Yield Component and Quality of Some Winter Safflower Cultivars. Journal of Bahri Dagdas Crop Research 9 (1): 21-28.
- Atan, M., C.B. Şahin, and N. İşler. 2019. Determination of Yield, Yield Components and Oil Content of Different Safflower Varieties Grown under Hatay Conditions. KSU J. Agric Nat 22(5): 678-684.
- Babaoglu, M. and M. Guzel. 2015. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) breeding activities at Trakya Agricultural Research Institute. Ekin J Crop Breed and Gen 1-1:20-25.
- Baydar, H. and S. Erbaş. 2014. Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 97. Isparta.
- Çamaş, N. and E. Esendal. 2006. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Hereditas 143: 55-57. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0018-0661.01914.x>
- Coskun, Y. 2014. Winter and Summer Sowing Facilities of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences 1(4): 462-468.
- Duru, S. 2024. The Current Status of Türkiye Vegetable Oil Foreign Trade and Analysis of the Competitiveness. Gümrük Ticaret Dergisi 11(35): 25-39.
- Eryılmaz, T., C. Cesur, M.M. Yesilyurt, and E. Aydın. 2014. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Remzibey-05 Seed Oil Methyl Ester: Fuel Properties for Potential Diesel Engine Application. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences 1(1): 85-90.
- Ghorbanzadeh, N.M., G.H. Rassam, and A.R. Dadkhah. 2014. Evaluation of Yield and Seed Fatty Acid Compositions of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars in Shirvan Region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 39 (3): 382-390.
- Gürsoy, M., D. Başalma, and F. Nofouzi. 2018. Effects of Safflower Cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) on Yield and Yield Components of Different Row and Row Spaces. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences 32 1 20–28.
- Hatipoğlu, H., H. Arslan, M. Karakus, and A. Köse. 2012. Determination Suitable Sowing Time of Different Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) Cultivars on Sanliurfa Conditions. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University. 26 (1):1-16.

- Huth, P.J., V.L. Fulgoni, B.T. Larson. 2015. A systematic review of high-oleic vegetable oil substitutions for other fats and oils on cardiovascular disease risk factors: implications for novel high-oleic soybean oils. *Adv Nutr.* Nov. 13:6(6):674-93.
- Kahraman, Ş., D. Karaaslan, and A. Hatipoğlu. 2014. Determination of Suitable Sowing Date of Safflower in Diyarbakır Conditions. *International Mesopotamia Agriculture Congress / 22-25 September 2014 Diyarbakır – Turkey.*
- Katar, D., Y. Arslan, R. Kudas, I. Subaşı, and H. Mutlu. 2014. Determination of Effect of Different Doses of Boron on the Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty.* 11(2). pp. 71-79.
- Kayaçetin, F., D. Katar, and Y. Arslan. 2012. Flower Structure and Biology of Fertilization of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Field Crops.* 21 (2): 75-80.
- Knowles, P. F. 1980. Safflower. *Hybridization of Crop Plants* pp. 535-548. <https://doi.org/10.2135/1980>.
- Knowles, P.F. 1989. Safflower. pp. 363–374. *In: G. Röbbelen, R. K. Downey and A. Ashri (Eds). Oilcrops of the world: their breeding and utilization.* New York: McGraw Hill.
- Kobuk, M., K. Ekinci, S. Erbas. 2019. Determination of Physical and Chemical Characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes. *KSU J. Agric Nat* 22(1):89-96.
- Koç, H. 2019. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinin Farklı Yağış Koşullarında Verim ve Yağ Oranı Bakımından Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 6(3): 518-526. <https://doi.org/10.30910/turkjans.595371>
- Köse, A. 2016. A Research on Determining of Seed Setting Rate in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Agricultural Research* 3(2):152-158. <https://doi.org/10.19159/tutad.87267>
- Köse, A., F. Çelikoğlu Koşar, and Ö. Bilir. 2021. Mutasyon Islahı ile Geliştirilmiş Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Hatlarının Tarımsal Performansları. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 8(2): 262-273. <https://doi.org/10.30910/turkjans.685982>
- Köse, A., F. Koşar, and Ö. Bilir. 2018. Agricultural Performances of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Lines Developed by Single Plant Selection Method. *Journal of Agricultural Sciences.* 24 (2018): 1-11.
- Kütük Dinçel, N. G. 2024. Yağ Bitkileri İçinde Kıymetli Bir Alternatif; Aspir (*Carthamus tinctorius* L.). *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 11(1): 195-203. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1165220>
- Omidi, A.H., H. Khazaei, P. Monneveux, and F. Stoddard. 2012. Effect of Cultivar and Water Regime on Yield and Yield Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Field Crops* 17 (1): 10-15.
- Oz, M. 2016. Sowing Time. Variety and Yield Relationship in Safflower. *Suleyman Demirel Uni. J. of the Fac. of Agri.,* 11 (1):71-81.
- Ozek, K. 2016. Feed Value of Safflower and the Possibilities of Using in Farm Animal Nutrition: I. The Using and Effects in Poultry Nutrition. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 6(4): 171-180.
- Paseban Eslam, B. 2015. Effects of Planting Date on Grain Yield, Yield Components and Oil Content of Safflower Spring Cultivars in Tabriz. *Journal of Agricultural Science Sustainable Production* 25 (2.1) :155-164.
- Sayılır, C., V.M. Çınar, and A. Ünay. 2019. Determination of Yield and Yield Components in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars under Menemen-Izmir Ecological Conditions. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 29(1): 71-75. <https://doi.org/10.18615/anadolu.568851>
- Shivani, D., Ch. Sreelakshmi, and C.V.S. Kumar. 2010. Genetic Divergence Studies in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding.* 1(5): 1354-1357.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach.* 2nd edition. McGraw-Hill, New York, USA, pp. 20-90.
- Subaşı, İ., Y. Arslan, M. Yaşar. 2023. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) and its Nutraceutical Potential. *In: M. Yaşar, A. Akkaya (Eds) Stratejik Sektör: TARIM-2.* ISBN: 978-625-6404-81-6. Iksad Publications. Ankara/Turkey
- Tahernezhad, Z., J. Saba, M. Zeinalabedini, S.S. Pourdad, and M.R. Ghaffari. 2018. Estimation of broad-sense heritability and variance components for seed yield and agronomic traits in native and exotic safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Bangladesh J. Bot.* 47(3): 501-508.
- Yaşar, M. and M. Sezgin. 2023. Evaluation of Yield Performance of Some Safflower Varieties in Different Environments. 5 th International Cukurova Agriculture and Veterinary Congress. 21-23 July 2023. Adana/Türkiye. p:976-983.
- Yazdani, A. A., M. Saffari, and G. Ranjbar. 2019. Effect of Application of Treated Wastewater on Seed Yield and Heavy Metals Content of Safflower Cultivars. *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. 21(5): 1277-1286
- Zarei, G., H. Shamsi, and F. Fazeli. 2011. Effect of planting density on yield and yield components of safflower cultivars in spring. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 5(12): 118-120

Cacopsylla pyri (L.) (Hemiptera: Psyllidae)'nin Kimyasal Mücadelesinde Yazlık Mineral Yağ ve İnsektisit Karışımlarının Etkinliğinin Belirlenmesi

Mehmet Sedat SEVİNÇ^{1*} **Mustafa Murat YEŞİLİRMAK²** **Mehmet AKSU³**

Figen AKYÜZ⁴ **Gökhan ÖZTÜRK⁵** **İrfan NAZLI⁶**

^{1,2}*Bitki Sağlığı Bölümü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Eğirdir/Isparta/ TÜRKİYE*

^{3,5}*İslah ve Genetik Bölümü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Eğirdir/Isparta/TÜRKİYE*

⁴*Yetiştirme Teknikleri Bölümü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Eğirdir/Isparta/TÜRKİYE*

⁶*Üretim ve İşletme Bölümü, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü, Eğirdir/Isparta/TÜRKİYE*

¹<https://orcid.org/0000-0001-9517-7631>

²<https://orcid.org/0000-0001-5118-9921>

³<https://orcid.org/0000-0001-7061-8218>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5064-6622>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-8994-6550>

⁶<https://orcid.org/0000-0002-1262-6540>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): mehmetsead.sevinc@tarimorman.gov.tr

Received (Geliş tarihi): 17.10.2024 Accepted (Kabul tarihi): 20.01.2025

ÖZ: Bu çalışma 2023 ve 2024 yıllarında 3 farklı armut bahçesinde portakal yağı, yazlık mineral yağ ve spinetoram aktif maddeleri ile yazlık mineral yağ ve methoxyfenozide+spinetoram aktif madde içeren insektisit karışımlarının *Cacopsylla pyri (L.) (Hemiptera: Psyllidae)* üzerindeki etkilerini görmek amacıyla yapılmıştır. 2023 yılında farklı fenolojik dönemlerde farklı dozlarla yapılan tüm uygulamalar arasında 300 g/ L⁻¹ methoxyfenozide + 60 g/ L⁻¹ spinetoram (100 mL⁻¹ 100 L⁻¹) ve 700 g L⁻¹ yazlık mineral yağ (1 L⁻¹ 100 L⁻¹) uygulaması, *C. pyri* üzerinde %94.17 ölüm oranı ile en etkili olan uygulama olarak tespit edilmiştir. 2024 yılında 700 g L⁻¹ yazlık mineral yağın 1,25 L 100 L⁻¹ dozu ve 1,7 L 100 L⁻¹ çalışılmıştır. En etkili karışımların dozu 1,7 L⁻¹ 100 L⁻¹ yazlık mineral yağ ile karıştırıldığında %100 ölüm oranıyla tespit edilmiştir. Yazlık mineral yağ karışımının nimflerin ilk dönemlerini öldürmedeki etkinliğinin yanı sıra, 1,7 L 100 L⁻¹ oranı yazlık mineral yağ uygulanan bahçelerde uygulanmayanlara oranla psillid ergin ve ergin öncesi dönemlerinin tespit edilememiş olması mücadelenin sürdürülebilirliğine işaret etmektedir. 300 g/ L⁻¹ methoxyfenozide + 60 L⁻¹ spinetoram aktif maddesinin *C. pyri* mücadelesinde önemli bir potansiyeli olduğu ve bitki koruma ürünü ruhsatlandırma çalışmalarına konu olabileceği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Armut psillidi, methoxyfenozide, spinetoram, yazlık mineral yağ.

Determination of the Effectiveness of Summer Mineral Oil and Insecticide Mixtures for Chemical Management of Cacopsylla pyri (L.) (Hemiptera: Psyllidae)

ABSTRACT: This study was conducted in three different pear orchards in 2023 and 2024 to see the effects of insecticide mixtures containing orange oil, summer mineral oil, and spinetoram active ingredients, and summer mineral oil and methoxyfenozide+spinetoram active ingredients on *Cacopsylla pyri (L.) (Hemiptera: Psyllidae)*. Among all the applications made with different doses in different phenological periods in 2023, 300 g/ L⁻¹ methoxyfenozide + 60 L⁻¹ spinetoram (100 mL⁻¹ 100 L⁻¹) and 700 g L⁻¹ summer mineral oil (1 L⁻¹ 100 L⁻¹) application was determined to be the most effective application with 94,17% mortality ratio on *C. pyri*. In 2024, 1.25 L⁻¹ 100 L⁻¹ doses of 700 g L⁻¹ summer mineral oil and 1.7 L 100 L⁻¹ were studied. The most effective dose of the mixtures was determined with a 100% mortality ratio when mixed with 1.7 L 100 L⁻¹ summer mineral oil. In addition to the effectiveness of the summer mineral oil mixture in controlling the first stages of nymphs, the fact that psyllid adult and pre-adult stages could not be detected in the gardens where 1.7 L 100 L⁻¹ summer mineral oil was applied compared to those not applied, indicates the sustainability of the control. It was seen that 300 g/ L⁻¹ methoxyfenozide + 60 g/ L⁻¹ spinetoram active ingredient has an important potential in the control of *C. pyri* and can be the subject of plant protection product licensing activities.

Keywords: Pear psillid, methoxyfenozide, spinetoram, summer mineral oil.

GİRİŞ

Türkiye, 2023 verilerine göre, 534.513 ton armut üretimi ile Dünya armut üretiminde 4. sıradadır (FAO, 2025). Ülkede, armut üretimi yoğun olarak Bursa (%46) ve Antalya (%7) illerinde yapılmaktadır (TUİK, 2024). Sağlık açısından oldukça faydalı olan armut, Türkiye’de üretim miktarının düşük olması, fiyatlarının yüksek olması ve meyve kalitesindeki tutarsızlıklar nedeniyle tüketimi sınırlı olsa da halen tüketiciler tarafından tercih edilen meyvelerden birisidir (Öztürk ve ark., 2023).

Özellikle bir ürünün ilk satın alınmasındaki en önemli kriter olan dış görünüşü (Öztürk ve ark., 2016) ve verimi önemli ölçüde olumsuz etkileyen biyotik faktörlerden bir tanesi, armudun konukçusu olduğu Armut psillidi, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)’dir. *C. pyri*’nin, 2023 yılında Bursa ilinin farklı ilçelerinde yapılan popülasyon takipleriyle varlığının tespit edildiği araştırmalarında, Külcüoğlu ve ark. (2023), literatüre atfen, önceki yıllarda Türkiye’nin İzmir (Klimaszewski ve Lodos, 1979; Önuçar, 1983), Ankara (Er, 1996; Er, 2008), Erzurum (Burckhardt ve Önuçar, 1993), Erzurum (Güçlü ve Burckhardt, 1996), Bursa (Ulubaş Serçe ve ark., 2006; Kovancı ve ark., 2000), Antalya (Erler, 2002; Erler, 2004d), Konya (Yıldırım, 1993), Elazığ (İmrek ve ark., 2017) ve Hatay (Koçak, 2017) illerinde armut bahçelerinde de bulunduğunu rapor etmektedir.

Armut bitkilerinde beslenerek (yaprak, sürgün, tomurcuk) zarara sebep olan *C. pyri*, multivoltin bir zararlı olup mevsimsel olarak ayırt edici bir form veya morfoloji olarak üreme diyapozunda kışlamaktadır. Mevsimsel morfolojilerin ortaya çıkışları fotoperiyot tarafından kontrol edilmektedir (Bonnemaison ve Missonnier, 1955). Yaz formları daha küçük ve daha hafiftir, kış formu olarak bilinenler ise büyük ve koyu renkli erginlerden oluşmaktadır (Civolani ve ark., 2023).

Armut psillidlerinin kışı armut bahçeleri dışında sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında geçirebildiği (Jaraus ve ark., 2009), ergin olarak geçirdiği diyapozda beslenme ihtiyacını başka tür bitkilerde de sağlayabildiği (Cooper ve ark., 2019), armut dışındaki bitkilerde kışladığı zaman ovaryumlarının armutta

kışlayanlara göre daha geç olgunlaştığı (Horton ve ark., 1994) rapor edilmektedir.

Çiftleşme ve yumurtlama tomurcuk gelişiminden önce başladığı, ilk yumurtaların armut bitkisi üzerinde açılmamış tomurcukların yakınına bırakıldığı, tomurcuklar açıldıkça yumurtlamanın yaprak ve çiçek dokularına kaydığı, kış formunun bıraktığı yumurtalardan çıkan nimlerin ilkbaharın sonlarında mevsimin ilkyaz formu nesli olarak ortaya çıktığı ve enleme bağlı olarak yılda bir veya daha fazla döl verdiği (Westigard ve Zwick, 1972) rapor edilmekte ve bu bilgi çalışmaya konu olan araştırma parsellerinden önceki yıllarda da alınan ön gözlemlerimiz ile paralel ilerlemektedir.

Erler ve Çetin (2005, 2007)’ e göre erken kış döneminde psillid popülasyonlarının yüksek seviyelere ulaşmasına izin verilirse, kontrol edilmeleri zorlaşmaktadır. Psillid kontrol programları popülasyonları yıl boyunca düşük seviyede tutmayı hedef almakla birlikte erken ilkbaharda kış formu erginleri mücadele için en önemli hedeftir (Erler ve Tosun, 2017).

Mücadelesi genellikle sentetik kimyasallarla yapılan *C. pyri*’ nin sezonda 8-10 kez ilaçlama yapılabildiği bildirilmektedir (Erler ve Çetin, 2005; Oz ve Erler, 2021). Bununla birlikte yalnızca kimyasal mücadele ile başarılı olunamadığı (Külcüoğlu ve ark., 2023) ifade edilmekte, bazı bitkisel kökenli preparatların ise bazı biyolojik dönemlerde etkili olduğu ifade edilmektedir (Erler, 2004b). Bu çalışmanın yapıldığı bölgede, Yalvaç, Eğirdir, Gelendost ilçesi armut üreticileri ile yapılan görüşmelerde, psillid ile kimyasal mücadeleyle sürecin yönetilemediği, öyle ki pek çok üreticinin bu sebeple bahçe sökümü gerçekleştirdiği bilgisi, kimyasallarla mücadelenin zorlayıcı olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca Bursa ve Antalya ilindeki armut üreticileriyle yapılan sözlü görüşmelerde de benzer sorunların yaşandığı belirlenmiştir.

Yoğun insektisit kullanımı, zararlıların direnç geliştirmelerine (Westigard ve Zwick, 1972), psillid avcısı ve parazitoitlerin etkinliğinin önemli düzeyde azalmasına (Erler, 2004a; Souliotis ve Moschos, 2008) neden olmakta, çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Tüketicilerin bitki sağlığı uygulamalarındaki pestisitlere ilişkin endişeleri sebebi

ile armut çeşidi tercihlerinde, üretim aşamasında doğal kaynakların korunmuş olması etkilidir ve organik ürünlere olan talepleri yüksektir (Karamürsel ve ark., 2023). Mücadelede yaşanan sorunların yanı sıra, üretilen meyvelerin tüketicilerin beklentilerini karşılaması için psillid mücadelesinin sürdürülebilir olmasını destekleyecek alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi gereklidir.

C. pyri kimyasal mücadelesinde ruhsatlı aktif maddeler (BKÜ, 2024) arasında yer alan spinetoram'ın, spinosad'ın yarı sentetik türevi olarak, faydalı böcekler, memeliler, kuşlar ve suda yaşayan hayvanlar üzerinde olumsuz etkileri bulunmayan, nadir direnç geliştirilebilen, *Saccharopolyspora spinosa* bakterisinden elde edilen biyolojik aktif bir madde (Čačija ve ark., 2018) olduğu rapor edilmektedir.

Bunun yanı sıra çevre dostu özellikleriyle bilinen bir bileşik olan 'methoxyfenozide'in, (Schneider, 2004; Shah ve ark., 2015; Fergani ve ark., 2024) böcek büyüme düzenleyicileri grubunun ana üyelerinden birisi olduğu ve deri değiştirme hormonunun etkisini taklit ederek larvaların ölümle sonuçlanacak şekilde deri değiştirme süreçlerini olumsuz etkilediği (Dhadialla ve ark., 1998) bildirilmektedir. Lepidopterlere özel etkisi bulunan methoxyfenozide'in bazı böcek türlerinde direnç gelişimine sebep olduğu bildirilmektedir. Spinetoram'ın farklı aktif maddelerle birlikte çalışıldığı bir çalışmada karışımların daha yüksek öldürücü etkiye sebep olduğu (Warnock ve Cloyd, 2005), aynı zamanda birlikte kullanımda methoxyfenozide direncinin kırıldığı (Ahmed ve ark., 2022) literatürde işaret edilen bir konudur.

Sürdürülebilir bir mücadele yöntemi için armut bahçelerinde sadece mevcut popülasyonu yok etmek değil, dışardan ergin *C. pyri* istilasının da önüne geçilebilmesi gereklidir. Bu kapsamda; organik tarımda yer bulan yazlık mineral yağların (Yetgin, 2010) kullanımının, ergin dişilerde yumurta koymayı engelleyici olduğunu (Erler ve Çetin, 2005) rapor eden çalışmalarla birlikte, yazlık yağların uygulandığı bölgede erginler tarafından yumurta bırakmak bir yana konumlanmak üzere bile 3 hafta süre boyunca tercih edilmediği (İmrek ve ark., 2017) tespitlerine istinaden, uygulanacak bölgede yazlık mineral yağların etkisinin bilinmesi gerekmektedir.

Methoxyfenozide+spinetoram, armut bahçelerinde başka bir zararlı tür olan *C. pomonella* mücadelesi için Türkiye'de ruhsatlı bazı insektisitlerin aktif maddesidir (BKÜ, 2024). Bununla birlikte, spinetoram ve portakal yağı, aynı zamanda yazlık mineral yağlar da *C. pyri* mücadelesinde ruhsatlı ticari ürünlerin aktif maddeleridir (BKÜ, 2024). *C. pyri*'nin mücadelesinde elde edilecek olan başarı sadece aktif maddenin başarısı olarak düşünülmemeli, armut bitkisinin fenolojik dönemlerinde sahip olduğu morfolojik farklılıkların yaratacağı durumun da başarıya eşit düzeyde katkı sağlayabileceği bilinmelidir. Tüm bu aktif maddelerin tek başına veya yazlık yağ ile karışımlarının farklı fenolojik dönemlerde *C. pyri* üzerindeki etkisinin güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca farklı zararlı grupları ile mücadelede kullanılan aktif maddelerin *C. pyri* üzerinde de etkisini bilmek ve gerekli görüldüğünde aynı dönem içerisinde fazla ve gereksiz insektisit kullanımının önüne geçebilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmada; *C. pyri* tarafından ilk bahçe tesisinden itibaren çok ciddi problemlere (psilla şoku, fumajin vb.) maruz kalmış, zararlıya çok hassas olan (Erler, 2004d), tüketicilerin tercihinde önemli bir paya sahip yerel çeşitlerden Deveci ve Ankara (Karamürsel ve ark., 2023) armut çeşitlerinin çoğunlukta bulunduğu armut araştırma parsellerinde, 2023-2024 sezonu boyunca *C. pyri*'nin görüldüğü farklı fenolojik dönemlerde, farklı insektisit ve yazlık mineral yağ oranlarının ilk dönem *C. pyri* nimfleri üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Sezon boyu takipte kalınan deneme alanları, denemelerde zararlı istilasının sürüp sürmediği yönünden de değerlendirilerek karışımların etkisi tartışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Denemenin ana materyalini; Deveci çeşidi, 8-12 yaş armut ağaçlarının bulunduğu farklı armut bahçelerinde (Şekil 1.) denemenin ilk yılı 03.03.2023 tarihinde, ikinci yılı için ise 28.03.2024 tarihinde yumurta bırakmaya başlayan *C. pyri* erginlerinin bıraktığı yumurtalardan çıkan birinci nimf dönemleri oluşturmaktadır.



Şekil 1. Deveci çeşidi armutların bulunduğu deneme bahçeleri (a: Deveci çeşitlerinin bulunduğu bir parsel; b: Deveci ve Santa Maria armut çeşitleri parseli ve c: Deveci parseli).

Figure 1. The pear trial orchards with Deveci variety pears (a: Deveci plot; b: Deveci and Santa Maria plot and c: Deveci plot).

Armut deneme bahçeleri hakkında önceki yıllara ait (2021-2022) gözlem ve bilgiler

Armut bahçeleri hakkında bahçelerin kurulduğu yıllardan itibaren *C. pyri* baskısı altında olduğu, kimyasal uygulamaların popülasyonu uzaklaştırmaya yetmediği, hasat döneminde çok yoğun tatlımsı madde varlığı sebebiyle de hem hasat sürecinin hem de pazarlamanın olumsuz etkilendiği bilgisine ulaşılmıştır. 2021 yılında armut psillidine karşı ilk ilaçlama; 14.05.2021 tarihinde %25 spinetoram aktif maddesinin ruhsat dozu ile başlatılmış, zararlının varlığı devam etmesi ve tatlımsı madde artışı sebebi ile her uygulama öncesi arap sabunu uygulaması yapılmış ve zararlıya ruhsatlı farklı aktif maddeleri (45 g L⁻¹ imidacloprid+ 5 g L⁻¹ abamectin, 700 g L⁻¹ yazlık mineral yağ, %25 malathion, %25 spinetoram, 480 g L⁻¹ diflubenzuron) sezon boyunca 7 ila 10 gün, son dönemlerde ise 5 gün ara ile uygulanmıştır. Buna rağmen hasat dönemine kadar yoğun bulaşıklığın önüne geçilememiştir. Takip eden 2022 sezonunda ise; 6 Nisan 2022 tarihinde ilk nimf dönemlerinin görülmesi ile birlikte 700 g L⁻¹ aktif içeriğe sahip yazlık mineral yağ 1,7 L 100 L⁻¹ miktarında 18 g L⁻¹ abamectin aktif maddeli preparat karıştırılarak uygulama

yapılmış, 5 Mayıs 2022'de tekrar nimflerin görülmesi üzerine, %25 spinetoram aktif maddeli ruhsatlı preparat ve %42 carboxylic acid yayıcı yapıştırıcı ile birlikte uygulanmıştır. Bu uygulamadan 6 gün sonra spinetoram uygulaması tekrarlanmış, ve her bir uygulamadan sonra, 10, 12 ve 17 gün aralıklarla sırasıyla; 45 g L⁻¹ imidacloprid+ 5 g L⁻¹ abamectin, 141 g L⁻¹ thiamethoxam + 106 g L⁻¹, bu uygulamalardan 5 gün sonra 45 g L⁻¹ imidacloprid+ 5 g L⁻¹ abamectin, tekrar 5 gün sonra akışkan tatlımsı maddelerin artışı ile arap sabunu uygulamaları arkasından %25 spinetoram + %42 carboxylic acid uygulanmıştır ve 22.08.2022 tarihine kadar da beş gün arayla %25 spinetoram aktif maddeli preparat + %42 carboxylic acid uygulamasına devam edilmiştir. Sezon sonunda hasat döneminde fumajine sebep olan tatlımsı madde az miktarda görülmüştür. İlk uygulamadan itibaren toplam 17 kez ilaçlama yapılmış ve miktarlarının az olduğu gözlemlense bile nimfler ve ergin uçuşları hasatta dahi görülmüştür. Daha etkili metotların bulunabilmesine dair yapılan 2023 ve 2024 yılına ait çalışmanın metodu aşağıda verilmiştir.

Metot

Denemeler kurulmadan önce yapılan uygulamalar

2023 yılında ergin uçuşları 03.03.2023 tarihinde tespit edilmiştir. Bu tarihte spinetoram aktif maddeli insektisit 40 g 100 L⁻¹ dozu uygulanmış, kurulacak olan deneme tarihlerine göre ergin ve yumurta varlığı birer gün arayla tüm parsellerde takip edilmiştir. 2024 yılında ise yumurtalar 02.04.2024 tarihinde tespit edilmiş, yumurta bırakma davranışının olumsuz etkilenmesi hedef alınarak 1 L 100 L⁻¹ oranında yazlık mineral yağ (Erler ve Çetin, 2005) ve %25 spinetoram aktif maddeli insektisit 40 g 100 L⁻¹ oranında tüm bahçelere uygulanmıştır.

2023 yılı denemeleri

Armut bahçelerinde çiçek tomurcuklarının buket oluşturduğu dönemde buket sapları içinde ve üzerinde yumurta sayımları yapılmış ve deneme öncesi popülasyon miktarı kaydedilmiştir. Bunun için tüm deneme karakterlerinden 100 adet çiçek buketi (Her tekerrürde 20 çiçek buketi) sayılmıştır. Birinci nimf

dönemi sayımı yapılan bahçelere Çizelge 1’de yıldız (*) ile işaretlenmiş preparatlar ile denemeler kurulmuştur. 72 saat sonunda örnekler toplanarak laboratuvara getirilmiş ve mikroskop altında ölü canlı sayıları değerlendirilmiştir. Denemeler her armut bahçesinde tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 ağaç olacak şekilde kurulmuştur.

İlk uygulamadan sonra, sezonun ikinci uygulaması olan ilk deneme 11.04.2023 tarihinde çiçek buketi oluşumu döneminde sarı yumurtalar tespit edildiğinde spinetoram aktif maddeli preparat, yazlık yağın farklı dozları ve portakal yağı aktif maddeli bir preparatın farklı dozları ile kurulmuştur (Çizelge 1). İkinci denemeye kadar çiçeklenme sürecinde ruhsatlı spinetoram ile ilaçlama devam etmiştir ve herhangi başka bir preparat veya yağ karıştırılmamıştır. 2. deneme 15.05.2023 tarihinde çiçek taç yaprakları döküldükten sonra methoxyfenozide ve spinetoram karışımı preparatın farklı dozları, hem tek başına, hem de Erler ve Çetin (2005)’e göre yazlık mineral yağın 1 L 100 L⁻¹ dozu ile karıştırılarak kullanılmıştır. Üçüncü deneme 23.06.2023 tarihinde aynı dozlarla yapılmış akabinde dördüncü deneme ise 11.07.2023 tarihinde psillid yumurta ve nimfleri, yaprak, sürgün ve meyvelerde yayılım gösterirken aynı dozlarla yinelenmiştir. Denemede kullanılan preparat dozları Çizelge 1’de verilmektedir. Yoğun psillid erginleri baskısında olan araştırma parsellerinde denemeler arasında popülasyonu baskılamak amacıyla, Çizelge 1’de görüldüğü üzere denemeler arası farklı preparatların uygulamaları yapılmıştır. Düzenli kontrollerde ergin uçuşları ve sarı yumurta paketleri bitki aksamı üzerinde görüldüğü müddetçe kimyasal uygulaması yapılmıştır.

Sezonun geri kalanında Eylül ayına kadar ergin ve nimflerin varlığı görüldükçe 300 g/l methoxyfenozide + 60 g/l spinetoram+ 700 g L⁻¹ Yazlık mineral yağ kullanımına devam edilmiştir.

Sezon boyunca toplam 23 uygulama yapılmıştır. Sezon boyunca tatlımsı yapışkan maddenin az olduğu fakat ergin istilasının devam ettiği ve erginlerin yumurta bıraktığı görülmüştür.

2024 yılı denemeleri

2024 yılında psillid erginleri 01.04.2024’ de görülmüş, ilk yumurtalar ise çiçek döneminde görüldüğü için yazlık yağ kullanmaksızın %25 spinetoram 40 g 100 L⁻¹ ile hazırlanan ilaçlama ile 1. nimf dönemlerine karşı kullanılmıştır.

2024 yılında kurulan denemeler; 2023 yılında istatistiki olarak en çok ölüme sebep olan aktif madde karışımı (300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram) ve yazlık yağ karışımının yağ oranı artırılarak uygulanması planlanmıştır. 26.04.2024 çiçek taç yaprakları dökülmesi sonrası (300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram ve 300 g/l methoxyfenozide+ 60 g/l spinetoram 0.1 L 100 L⁻¹ + yazlık mineral yağ 1.25 L 100 L⁻¹ dozu) uygulanmıştır. Denemede, ilaçlama öncesi ve sonrası her tekerrürde 20 meyve buketi, sonraki süreçlerde her tekerrürde 20 sürgün sayılarak preparatların başarısı hesaplanmıştır. Kontrol grubuna ise çeşme suyu uygulanmıştır. Uygulamalar sezon boyunca yumurta ve birinci nimfler görüldükçe Çizelge 2’de uygulama tarihleri belirtilen aktif maddelerle sürdürülmüştür. İkinci deneme 15.05.2024 tarihinde armut meyvesi ceviz büyüklüğünde iken kurulmuş olup, (300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram ve 300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram 0.1 L 100 L⁻¹ + yazlık mineral yağ 1.25 L 100 L⁻¹ dozu) ve kontrol için çeşme suyu kullanılmıştır. 3. deneme ise tekrar yumurtalar gözükmeye sebebiyle 30.05.2024 tarihinde yağ oranı artırımına gidilerek (300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram 0.1 L 100 L⁻¹ + yazlık mineral yağ 1,7 L 100 L⁻¹ dozu) ile tekrarlanmıştır.

Çizelge 1. 2023 yılında armut parsellerinde kullanılan insektisit listesi.

Table 1. List of insecticides used in pear plots in 2023.

Uygulama tarihi Date of application	Uygulama alanı Application area	Fenolojik dönem Phenological period	Aktif maddeler Active ingredients	Doz (100 L ⁻¹) Dosage (100 L ⁻¹)
20.03.2023	a-b-c	Gözler patlamadan önce	% 25 Spinetoram	40 g
11.04.2023*	a-b		% 25 Spinetoram	40 g
		Çiçek buketi açılmak üzere	Kontrol çeşme suyu	-
11.04.2023*	c		700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	0,5- 0,75- 1 L
		Çiçek buketleri açılmak üzere	60 g L ⁻¹ portakal yağı	0,5-0,6- 0,7 L
			Kontrol çeşme suyu	-
24.04.2023	a-b-c	Tam çiçek döneminde	%25 Spinetoram	40 g
03.05.2023	a-b-c	Tam çiçek döneminde	%25 Spinetoram	40 g
08.05.2023	a-b-c	Tam çiçek sonu	60 g L ⁻¹ portakal yağı	0.7 L
15.05.2023*	a-b-c		300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	25, 50 ve 100 ml
		Çiçek taç yaprakları dökümü	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	25, 50 ve 100 ml +1 L
			Kontrol için çeşme suyu	-
05.06.2023	a-b-c	Sürgün uçları	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
12.06.2023	a-b-c		% 25 Spinetoram	40 g
20.06.2023	a-b-c		%25 Spinetoram	40 g
23.06.2023*	a-b-c		300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
		Taze sürgünler ve Yapraklar	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram+ 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml+1 L
			Kontrol için çeşme suyu	-
03.07.2023	a-b-c	Yapraklar	%25 Spinetoram	40 g
11.07.2023*	a-b-c		300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
		Yapraklar	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram+ 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml+1 L
			Kontrol için çeşme suyu	-
17.07.2023	a-b-c	Yapraklar	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram+ 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml+1 L

Çizelge 2. 2024 yılı armut bahçelerinde kullanılan insektisit ve yazlık yağ karışımı listesi.

Table 2. List of insecticides and summer oil mixture used in pear orchards in 2024.

Uygulama tarihi Date of application	Uygulama alanı Application area	Fenolojik dönem Phenological period	Aktif maddeler Active ingredients	Doz (100 L ⁻¹) Dosage (100 L ⁻¹)
02.04.2024	a-b-c	Tomurcuk dönemi	-	
26.04.2024*	a-b-c	Taç yaprak dökümü	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
			300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,25 L
			Kontrol için çeşme suyu	-
02.05.2024	a-b-c	Taç yaprak dökümü (tüm alanlar ilaçlandı)	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,25 L
08.05.2024	a-b	Meyveler ceviz büyüklüğünde	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,25 L
08.05.2024	c	Meyveler ceviz büyüklüğünde	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,7 L
15.05.2024*	a-b	Psillid nimfleri ciddi zarar gördü fakat yumurtalar bir hafta içerisinde tekrar görüldü.	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
			300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,25 L
			Kontrol için çeşme suyu	-
30.05.2024*	a-b	Psillid bu uygulamadan sonra tekrarlamadı.	300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram	100 ml
			300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram + 700 g L ⁻¹ Yazlık mineral yağ	100 ml + 1,7 L
			Kontrol için çeşme suyu	-

2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait iklim verileri

Takip ve denemelerin sürdüğü yıllar bazında sıcaklık değerleri Şekil 2’de, % nispi nem oranları ise Şekil 3’te gösterilmiştir.

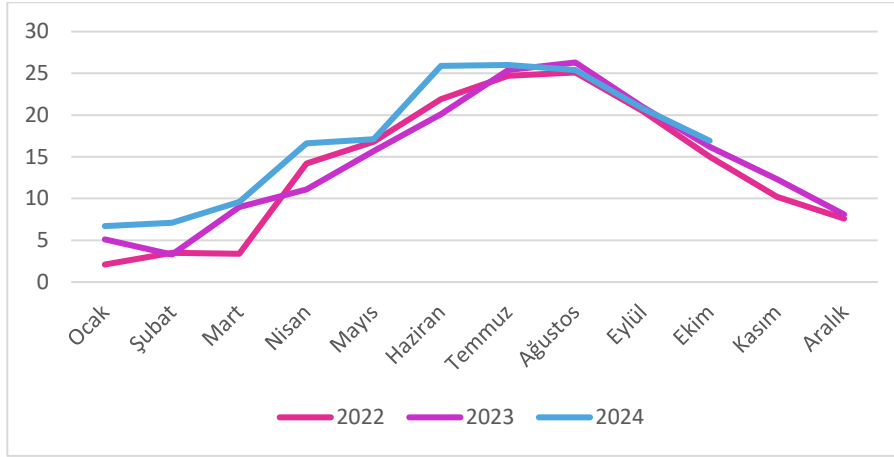
VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen veriler, Abbott formülü (Abbott, 1925) uygulanarak gerçek ölüm oranlarının (% etki) belirlenmesinde kullanılmıştır.

Doğrulanmış ölüm oranı (%)

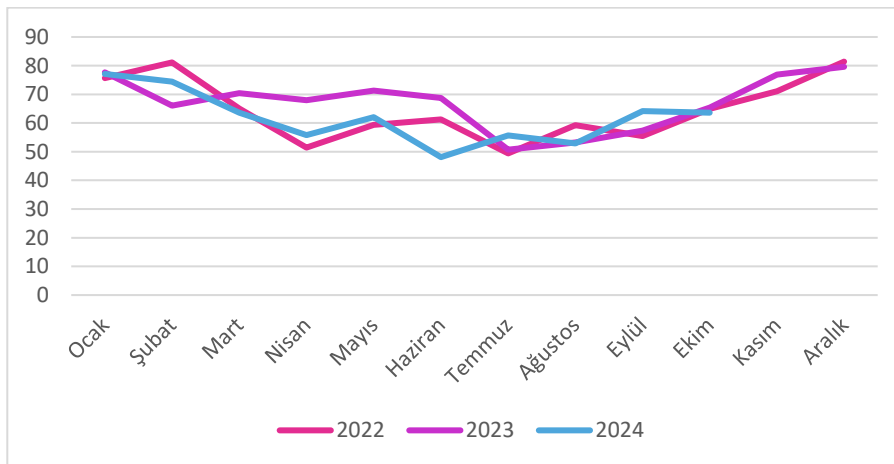
$$= \frac{(\text{İlaçlanmış larvaların ölüm oranı} - \text{Kontrolün ölüm oranı})}{(100 \times \text{Kontrolün ölüm oranı})}$$

Denemelerdeki ölüm oranları arasındaki farkı istatistiki olarak belirlemek için varyanslar önce Levene homojenlik testine tabi tutulduktan sonra tek yönlü varyans analizi (One-Way Anova) uygulanmıştır. Daha sonra, gruplar arası istatistiki farklılıkların anlamlılık düzeyleri Tukey çoklu karşılaştırma testi (Tukey, 1949) ile belirlenmiştir. İstatistiksel farklılıklar $p < 0,05$ 'te anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler IBM SPSS® Statistics (Sürüm 23.0, 2015, IBM SPSS, Armonk, New York, ABD) (IBM SPSS, 2015) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Eğirdir ilçesi 2022, 2023, 2024 yılı aylık ortalama sıcaklıkları.

Figure 2. Monthly average temperatures of Eğirdir district in the year 2022, 2023, 2024.



Şekil 3. Eğirdir ilçesi 2022, 2023, 2024 yılı aylık ortalama nispi nem miktarları

Figure 3. Monthly average relative humidity of Eğirdir district in the year 2022, 2023, 2024.

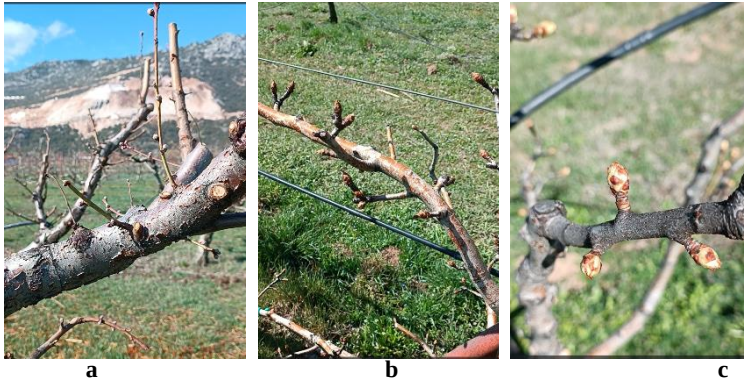
BULGULAR VE TARTIŞMA

2023 yılı 1. deneme bulguları

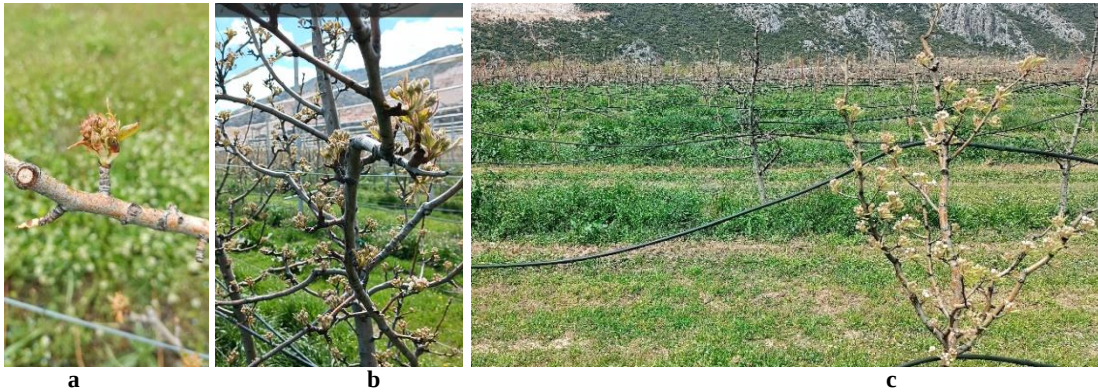
2023 yılında armut bahçelerinde ilk erginler 03.03.2024 tarihinde görülmeye başlamış ilk yumurtalar 20.02.2023 tarihinde gözlere yakın dallarda görülmüştür. Denemeler kurulmadan önce %25 spinetoram aktif maddeli insektisit 40 g 100 L⁻¹

dozunun uygulandığı dönem Şekil 4' de gösterilmektedir.

Uygulamalardan sonra düzenli yumurta kontrolleri ile tomurcukların patladığı, çiçek buketlerinin gözle görülür olduğu dönemde (Şekil 5) kurulan ilk deneme sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 2023 yılı mart dönemi armut bahçeleri (a:15 Mart, b: 24 Mart ve c: 31 Mart 2023 tarihinde görülen tomurcuklar).
Figure 4. Pear orchards in March 2023 (a: 15 March, b: 24 March and c: 31 March 2023).



Şekil 5. Çiçek buketi dönemleri (a:11 Nisan, b:13 Nisan ve c:17 Nisan 2023 çiçek buketlerinden genel görüntü).
Figure 5. Flowering periods (a: 11 April, b: 13 April and c: 17 April 2023 general view of flower inflorescences).

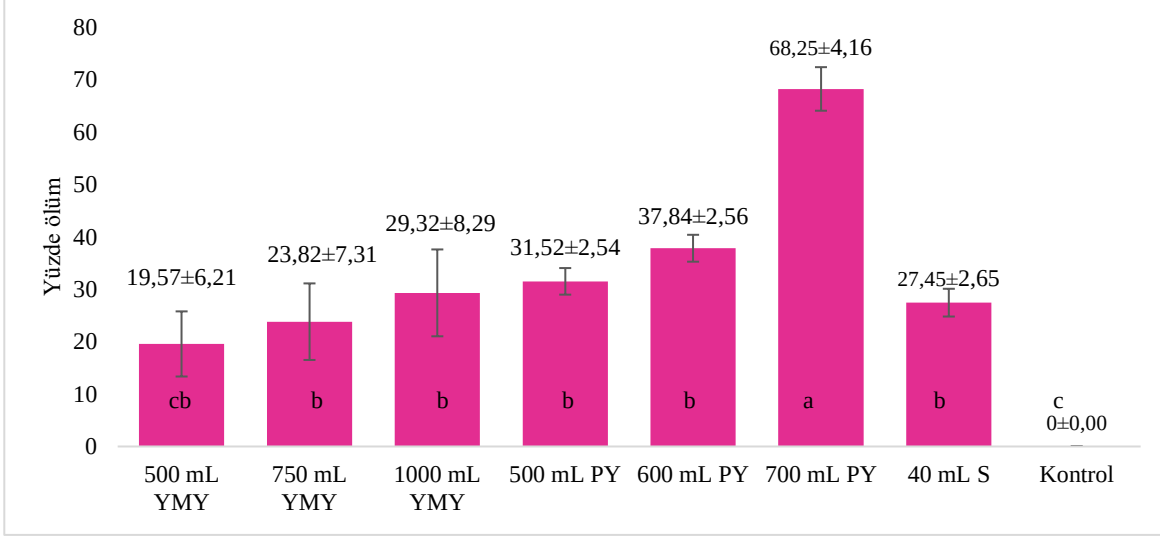
Mücadelenin başarısını etkileyen önemli etmenlerden birisi de bitki fenolojisine karşılık böcek davranışının neslini korumaya yönelik gösterdiği çabadır. Her iki yılda da armut sürgünleri ilk sürmeye başladığında, yapraklanmadan önce çiçek buketlerini oluşturacak olan sekiz-on adet sapçık görülmektedir (Şekil 5a). Yapılan gözlemlerde baharda çıkan kışlık formların ilk yumurtaları bu sapçık civarına ve iç kısımlarına bıraktığı görülmüştür. İncelemeler sonucu uygulanan kimyasalın bu bölgelerin içlerine kadar nüfuz etmediği görülmektedir. Çalışmanın bu aşamasında; 700 ml 100 L⁻¹ dozunda uygulanan portakal yağı içerikli preparat %68,25±4,16 oranında ölüme sebep olarak en etkili preparat ve doz olarak bulunmuştur. 500 ml 100 L⁻¹ yazlık mineral yağ uygulaması ile yapılan denemede

yüzde ölüm değerleri %19,57±6,21 olarak tespit edilmiş, hem kontrol grubu ve hem diğer dozlarla aynı grupta yer almıştır (Şekil 6.) Yazlık yağ dozları yumurta bırakmayı engelleyici bir faaliyet göstermemiştir. İmrek ve ark. (2017) farklı uçucu yağlarla yaptığı çalışmada turunçgil yağlarının ovisidal etkisini rapor etmiştir. Portakal kabuğu ekstraktından elde edilen bileşiklerin toksisitesinin d-limonene bağlı olabileceği (Sharaby, 1988; Tripathi ve ark., 2003), içerisinde bulunan silika veya silika benzeri aşındırıcı partiküllerin beyne yapışma yeteneğinden kaynaklanabileceği (Belmain ve Stevenson, 2001) rapor edilmektedir. Ayrıca portakal kabuğu ekstraktında bol miktarda bulunan limonenin sıcakkanlılar üzerinde düşük toksisiteye sahip (Gupta

ve ark., 2017) olması sürdürülebilirlik temaları ile uyumluluk gösterdiği hakkında fikir vermektedir.

72 saat sayım sonunda hala birinci nimf dönemindeki bireylerin varlığı ve bölgedeki yoğun ergin uçuşları

sebebiyle bir sonraki denemeye kadar popülasyonu kontrol altında tutmak üzere çiçek döneminde (Şekil 7 a-c) geçirilen süreçte yazlık yağ uygulaması yapılmamış sadece %25 spinetoram aktif maddeli insektisit ruhsat dozu ile uygulanmıştır (Çizelge 2).



Şekil 6. 11.04.2023 tarihli farklı preparat uygulamalarının *C. pyri* 1. dönem nimfleri üzerindeki yüzde ölüm±sh oranları. YMY: 700 g L⁻¹ Yazlık mineral yağ, PY: 60 g L⁻¹ portakal yağı, S: %25 spinetoram. *Tukey çoklu karşılaştırma testine göre farklı harfler istatistiki olarak farklıdır (P<0.05). (F (7, 32): 14,883; P<000.1).

Figure 6. Percent mortality±se rates of different preparation applications on *C. pyri* 1st stage nymphs on 11.04.2023. YMY: 700 g L⁻¹ summer mineral oil, PY: 60 g L⁻¹ orange oil, S: 25% spinetoram. *Different letters are statistically different (P<0.05) according to the Tukey multiple comparison test (F (7, 32): 14,883; P<000.1).



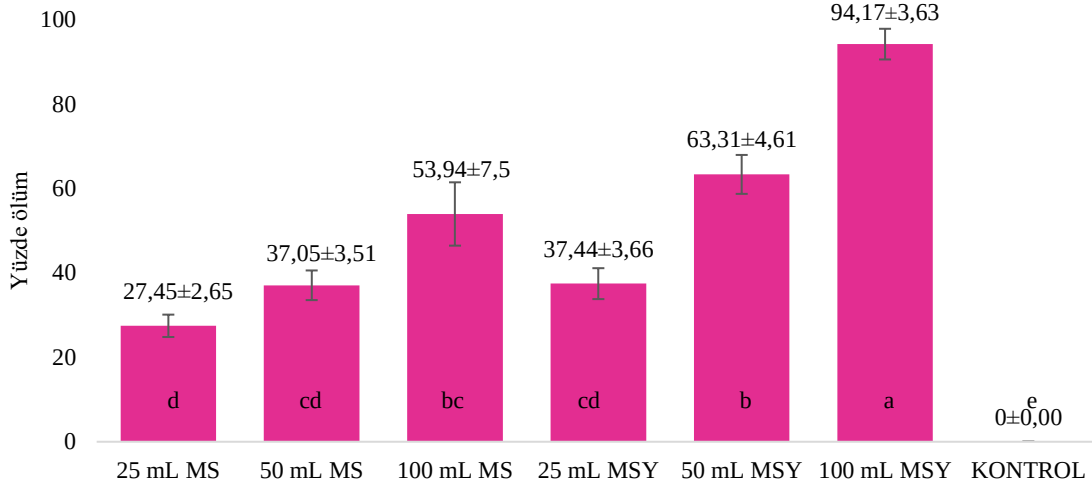
Şekil 7. Psillid'in yumurta bıraktığı bitki aksamaları (a-24.04.2023 tarihinde tam çiçeklenme dönemi; b-26 Nisan; c-27 Nisan; d-3 Mayıs; e-8 Mayıs 2023 çiçek dökümü; f-11.05.2023 kışlık formlar yapraklar üzerinde yumurta bırakıyorlar).

Figure 7. Plant parts where psyllids lay eggs (a-24.04.2023 full flowering period; b-26 April; c-27 April; d-3 May; e-8 May 2023 flower shedding; f-11.05.2023 winter forms lay eggs on leaves).

2023 yılı 2. deneme bulguları

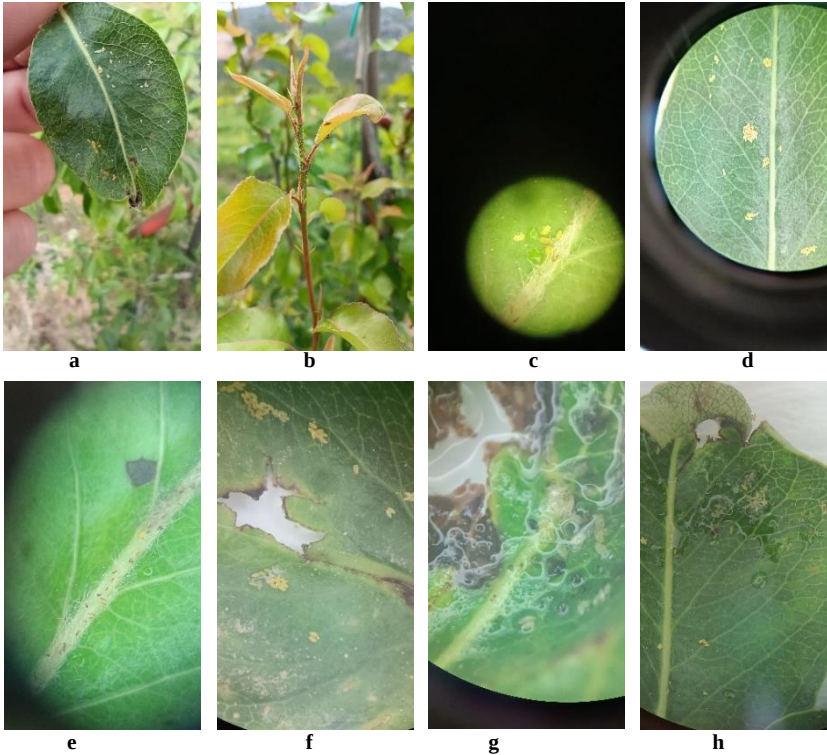
Çiçek taç yaprakları dökümünden sonra (Şekil 7d-e) 15.05.2023 tarihinde kurulan denemelerin sonuçları Şekil 8’ de görülmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek

ölüm oranı 100 ml 100 L⁻¹ oranında methoxyfenozide+spinetoram ve 1 L 100 L⁻¹ yazlık mineral yağ karışımında tespit edilmiştir. Diğer gruplar istatistiki olarak en yüksek dozdan ve kontrol grubundan farklıdır (Şekil 8).



Şekil 8. 15.05.2023 *C. pyri* nimf yüzde ölüm±sh oranları. *Grafikte geçen dozlar 100 ml su için verilmiştir. MS: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram. MSY: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram+700 g L⁻¹ yazlık mineral yağ karışımı. Tukey çoklu karşılaştırma testine göre farklı harfler istatistiki olarak farklıdır ($P<0.05$). (F (6, 28): 49.962; $P<0.001$).

Figure 8. 15.05.2023 *C. pyri* nymphal percent mortality±se rates. *Doses in the graph are given for 100 ml of water. MS: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram. MSY: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram + 700 g L⁻¹ summer mineral oil mixture. Different letters are statistically different ($P<0.05$) according to Tukey multiple comparison test (F (6, 28): 49.962; $P<0.001$).

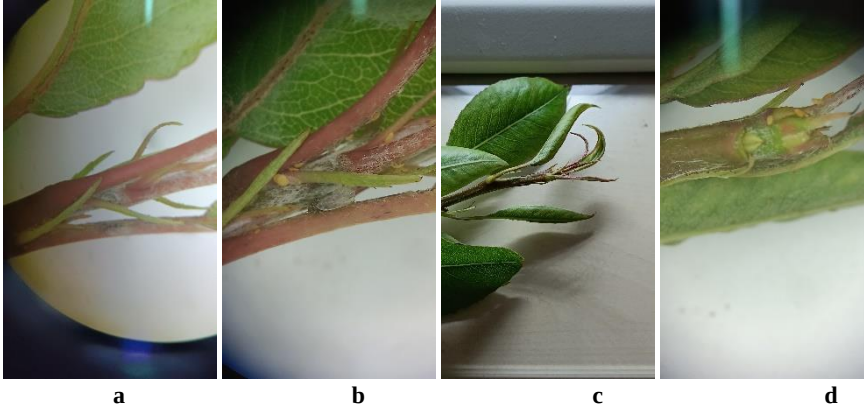


Şekil 9. a: 17.05.2023 tarihinde yumurtalar (kontrol grubu); b: 4.6.2023 tarihinde sürgünler; c: 21.05.2023 tarihli nimfler; d: 21 Mayıs 2023 yumurtalar mikroskop; e: 21 Mayıs ölü nimfler; f: 23.05.2023 yumurta ve nimfler; g: 24.05.2023 yağ uygulama sonrası yaprak üzerinde yağa gömülü nimfler; h: 26.05.2023 tatlımsı madde salgılayan nimfler.

Figure 9. a: Eggs on 17.05.2023 (control group); b: Shoots on 4.6.2023; c: 21.05.2023 nymphs; d: 21.05.2023 eggs microscope; e: 21.05.2023 dead nymphs; f: 23.05.2023 eggs and nymphs; g: 24.05.2023 nymphs embedded in oil on leaves after oil treatment; h: 26.05.2023 nymphs secreting sweetish substance.

Bu süreçte çiçek saplarının iç kısımlarında yumurtaların açılarak nimf dönemlerini geçirdiklerini, bu süreçte yapılan uygulamalardan zarar görmeden kurtulan nimflerin varlığı görülmüştür. Bu aynı zamanda az miktarda da olsa fumajine sebep olan tatlımsı madde salgılarının başladığı dönem olarak görülmüştür (Şekil 9).

Şekil 8'e göre yazlık mineral yağ kullanımı insektisitlerin etkisini istatistiki olarak artırmıştır. Bu deneme de daha çok sürgün uçlarında açılmamış yaprakların iç kısımlarında yumurta ile karşılaşmış ve uygulanan preparatların bu bölgelere ulaşmamış olması mücadelenin başarısını düşürmekte olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10).

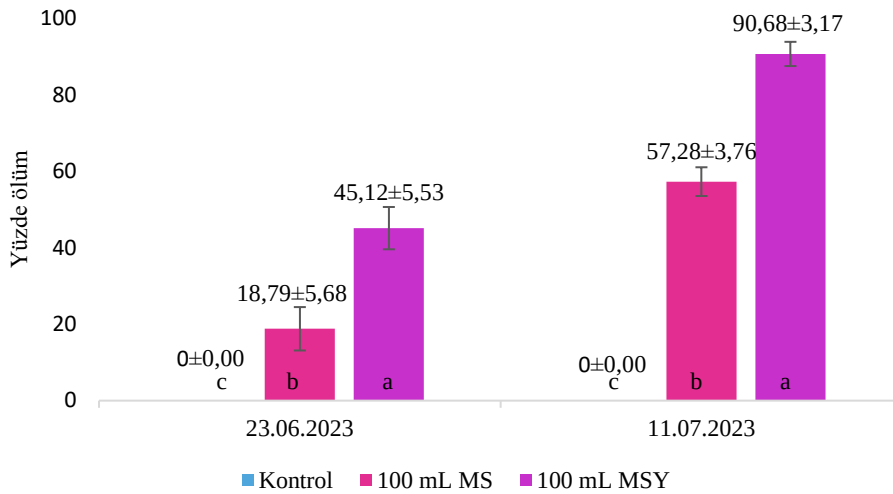


Şekil 10. a ve b: 30.05.2023: Temiz gözükten bir sürgünün yaprak diplerinden *C. pyri* nimlerinin ortaya çıkışı. c ve d: 07.06.2023: Göz ile temiz gözükten bir sürgünün uç yaprakları ayrıldığında ortaya çıkan *C. pyri* nimleri.
Figure 8. a and b: 30.05.2023: *C. pyri* nymphs hatching from the leaf bases of a seemingly clean shoot. c and d: 07.06.2023: *C. pyri* nymphs emerging when the terminal leaves of a seemingly clean shoot are detached.

2023 yılının üçüncü ve dördüncü deneme bulguları

23.06.2023 yılında kurulmuş ve deneme sonuçları Şekil 11'de paylaşılmıştır. Bu süreçte meyve ve yaprak yüzeyleri daha çok ilaçlamaya maruz kalması sebebi ile buralarda çok daha fazla ölü nimfler tespit edilmiştir. Fakat sürgün uçlarındaki yaprakçıklar altında kalan bazı nimflere ulaşmak hala kolay olmamıştır. Bu sebeple 23.06.2023 tarihindeki ölüm oranları istatistiki olarak kontrol grubuna oranla yüksek olmasına rağmen yazlık yağ ile birlikte kullanılan 300 g/L methoxyfenozide+60 g/L spinetoram aktif maddeli preparat %45,12±5,53 ölüm oranına sahip olmuştur. Yazlık yağ olmaksızın kullanımda ise ölüm oranı

%18,79±5,68 olarak tespit edilmiştir. 11.07.2023 tarihinde kurulan yılın son ilaç denemesi ise yazlık yağ ile birlikte kullanılan 300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram aktif maddeli preparat %90,68±3,17 ölüme sebep olurken, yazlık yağ olmaksızın 300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram kullanılan parsellerde % 57,28±3,76 ölüme sebep olmuştur (23.06.2023: F (2, 12): 24.515; $P<000,1$); (11.07.2023: F (2, 12): 261.066; $P<000,1$). Her iki denemenin sonucunda da tekrar ölüm oranları fenolojik faktörlere bağlı olarak değişirken insektisitlerin etkisinin yazlık mineral yağ ile birlikte etkisinin arttığı görülmektedir (Şekil 11). Denemelerin kurulduğu parsellerden bazı görüntüler Şekil 12'de yer almaktadır.



Şekil 11. 2023 yılı üçüncü ve dördüncü deneme yüzde ölüm±sh oranları.

*MS: 300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram; MSY: 300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram +700g/L Yazlık mineral yağ ifade etmektedir. Tukey çoklu karşılaştırma testine göre aynı tarihteki farklı harfler istatistiki olarak farklıdır ($P<0,05$). (23.06.2023: F (2, 12): 24.515; $P<000,1$); (11.07.2023: F (2, 12): 261.066; $P<000,1$).

Figure 11. Percent mortality±se rates in the third and fourth trials in 2023.

*MS: 300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram; MSY: 300 g/l Methoxyfenozide + 60 g/l Spinetoram +700g/L Summer mineral oil. Different letters on the same date are statistically different ($P<0,05$) according to Tukey multiple comparison test (23.06.2023: F (2, 12): 24.515; $P<000,1$); (11.07.2023: F (2, 12): 261.066; $P<000,1$).



Şekil 12. Armut bahçelerinden genel görüntüler (a: 5.06.2023; b: 09.06.2023 *Anthocoris* sp. methoxyfenozide+spinetoram uygulanan deneme alanı; c: 12.06.2023 kontrol parselinden alınan numunelerde farklı dönem nimfleri; d: 09.07.2023; e: 10.07.2023 ceviz büyüklüğü; f: 28.08.2023 meyveler; g: 12.09.2023 'c' parseli armut meyvesi; h: 12.09.2023 a parseli armut meyveleri).

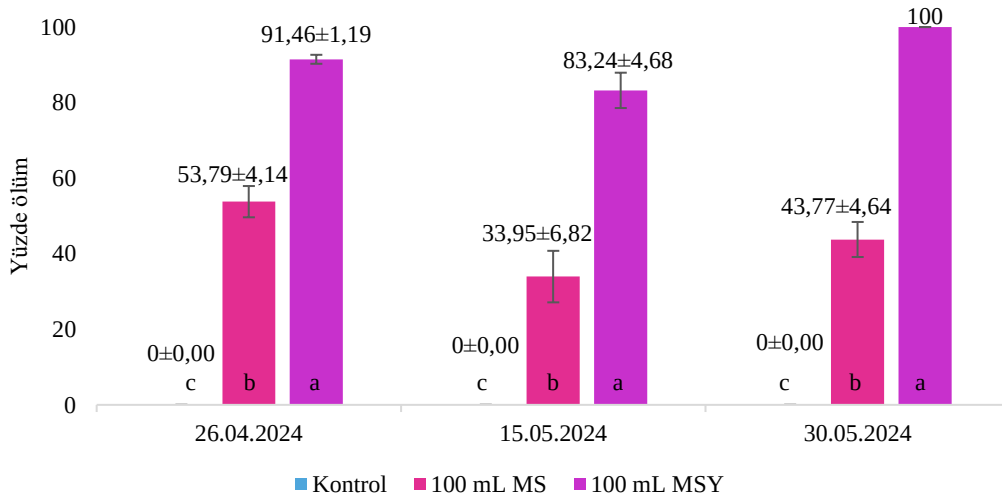
Figure 12. General images from pear orchards (a: 05.06. 2023; b: 09.06.2023 *Anthocoris* sp. methoxyfenozide+spinetoram treated experimental area; c: 12.06.2023 nymphs of different stages in samples taken from the control plot; d: 09.07.2023; e: 10.07.2023 walnut size; f: 28.08.2023 fruits; g: 12.09.2023 pear fruit from plot 'c'; h: 12.09.2023 pear fruit from plot 'a').

2024 yılı deneme bulguları

2024 yılında, 2023 yılının istatistiki olarak en etkili bulunan preparatını tek başına ve yazlık yağ ile birlikte kullanımını araştırmak üzere kurulan denemelerin sonuçları Şekil 13' de görülmektedir. Denemeler 26.04.2024 tarihinde çiçek dökümünden sonra (Şekil 14 d-e), 15.05.2024 tarihinde ve 30.05.2024 tarihinde meyveler ceviz büyüklüğüne ulaştıktan sonra (Şekil 14f-g) kurulmuş ve sonuçları Şekil 13' te gösterilmiştir. 26.04.2024 tarihinde kurulan deneme sonuçlarına göre 91.46 ± 1.19 ölüm oranına sahip 1.25 L 100 L⁻¹ oranında yazlık mineral yağ ile karıştırılan 1 L 100 L⁻¹ oranında methoxyfenozide+spinetoram aktif maddesi içerikli preparat, istatistiki olarak $0 \pm 0,00$ ölüm oranına sahip kontrol grubu ve $53,79 \pm 4,14$ ölüm oranına sahip yağsız kullanımı ile kıyaslandığında farklı gruplarda yer almış ve en etkili olarak tespit edilmiştir. Bunun üzerine deneme alanında ergin uçuşları ve nimflerin tespiti üzerine 08.05.2024 tarihinde deneme araları yapılan bir kimyasal uygulamasında; A ve B parsellerine uygulanan preparat 1.25 L 100 L⁻¹ oranında yazlık yağ ile karıştırılmış, sadece 'C' kodlu parselde 1,7 L 100 L⁻¹ yazlık yağ ve methoxyfenozide+spinetoram aktif maddeli preparat uygulaması yapılmıştır. Denemelerin devamlılığı için yapılan gözlemlerde 'C' kodlu parselde ergin-nimf veya yumurta varlığı tespit edilememiştir. Bu tarihten sonra C parseli sezon sonuna kadar bir daha ilaçlanmamıştır. Bundan sonraki aşamada mevcut birinci dönem nimflerle A ve B parsellerinde 15.05.2024 tarihinde denemeler kurulmuş fakat bir kez daha etkileri görmek adına yazlık mineral yağ oranı 1.25 L 100 L⁻¹ olarak kullanılmıştır. Bu deneme sonuçlarında da kontrol grubu $0 \pm 0,00$ ölüm oranına sahip olurken, yağ olmaksızın kullanılan methoxyfenozide+spinetoram aktif maddeli preparatın etkisi $33,95 \pm 6,82$, yağ ile birlikte kullanımda ise ölüm oranı $83,240 \pm 4,68$ olarak tespit edilmiştir. 30.05.2024 tarihinde birinci nimfler tekrar gözlemlendiğinde aynı tarihte yazlık mineral yağ, 1,7 L 100 L⁻¹ oranına çıkarılmıştır. Bu deneme sonucunda da kontrol grubu $0 \pm 0,00$ ölüm oranına sahip olurken, yağ olmaksızın kullanılan methoxyfenozide+spinetoram aktif maddeli preparatın etkisi $43,77 \pm 4,64$, yağ ile birlikte kullanımda ise ölüm oranı $100 \pm 0,00$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 13). 2024 yılında kurulan bu üçüncü deneme sonrasında da kontrol grubunda ve tek başına 100 ml 100 L⁻¹ 300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram kullanılan

gruplarda sarı yumurtalar ve erginler gözükürken, 1.7 L 100 L⁻¹ yazlık mineral yağ ve 100 ml 100 L⁻¹ 300 g/l methoxyfenozide+60 g/l spinetoram aktif maddeli ticari preparatın uygulanmasından sonra yapılan 72. saat sayımlarında deneme karakteri içerisinde ergin bireylere ve yumurtalara rastlanmamıştır (Şekil 11.). Bu sonuçlara göre, 1.25 oranında yağın kovucu etkisi yaklaşık 15 gün sürerken, 1,7 oranında kullanılan yağ+insektisit karışımlarında sezon başı olmasına rağmen psillidin varlığı tekrar görülmemiştir. Ayrıca 26.04.2024 denemesi çiçek taç yaprakları dökümünden sonra nimflerin daha belirgin olduğu bir süreç olduğu için, diğer tarihlerde ise sürgün ucundaki küçük henüz kapalı yaprak altlarında gizlenebilmeleri sayesinde sadece insektisit kullanımında ölüm yüzdelerinin daha düşük olduğu görülebilmektedir. Bu süreç ilaç atım sıklığını ve başarısını doğrudan etkilemektedir.

2023 ve 2024 sezonu boyunca deneme sonuçlarından ve alınan gözlemlerden anlaşıldığı üzere aktif maddelerin veya yazlık yağların tek başına kullanımına kıyasla, yazlık yağ ile aktif madde karışımlarının daha yüksek öldürücü etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 11, 13). Ayrıca 1 L 100 L⁻¹ oranında yazlık yağ ile karıştırılan aktif maddelerin dozları artırıldıkça ölüm oranlarının da arttığı denemenin bir diğer sonucu olmuştur (Şekil 8.). Aktif maddelerin tek başına popülasyonu belirli bir seviyeye kadar baskılaması, doz arttıkça ölüm oranlarının da artması, yazlık yağlarla karıştırıldıklarında ölüm oranının daha da yükselmesi ölümlerin hem yazlık yağ hem de aktif maddelerden kaynaklandığı yönünde bilgi vermektedir. Bununla birlikte, 1 L 100 L⁻¹ yazlık yağ ile karıştırılan insektisitlerin mevcut nimfleri öldürdüğü ama erginlerin tekrar yumurta bırakmasını engellemediği sezon boyunca yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir. Bahsi geçen bu husus; daha yüksek yazlık mineral yağ dozlarının kullanıldığı parsellerde (1,7 L 100 L⁻¹), kontrol grubu (çeşme suyu) ve daha düşük yazlık yağ dozları (5-7,5-10-12,5 L 100 L⁻¹) ile muamele edilen parsellere oranla psillid erginlerinin varlığının tekrar tespit edilmemiş olmasıdır. Bu gözlem 2022 yılında ön çalışmalar sırasında aynı oranda kullanılan yazlık yağ miktarı uygulamasından sonra da elde edildiği görülmektedir. 2024 yılında, 1,7 L 100 L⁻¹ ve 1,25 L 100 L⁻¹ yazlık yağ dozları ile kurulan karşılaştırma denemelerinden sonra, 1,7 L 100 L⁻¹ oranında yazlık mineral yağ ve methoxyfenozide+spinetoram aktif madde karışımlarının, kontrol ve diğer dozların aksine ergin psillid bireylerinin deneme alanında görülmemesi



Şekil 13. 2024 yılı uygulamaları yüzde ölüm±sh oranları. *MS: 300 g/l methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram; MSY: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram +700g/L yazlık mineral yağ ifade etmektedir. *Tukey çoklu karşılaştırma testine göre aynı tarihteki farklı harfler istatistik olarak farklıdır ($P<0,05$). (26.06.2024: F (2, 12): 341.595; $P<000,1$); (15.05.2024: F (2, 12): 76.833; $P<000,1$); (30.05.2024: F (2, 12): 350.317; $P<000,1$).

Figure 13. Percent mortality±se rates of 2024 treatments. *MS: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram; MSY: 300 g/L methoxyfenozide + 60 g/L spinetoram +700g/L summer mineral oil. *Different letters on the same date are statistically different ($P<0,05$) according to the Tukey multiple comparison test (26.06.2024: F (2, 12): 341.595; $P<000,1$); (15.05.2024: F (2, 12): 76.833; $P<000,1$); (30.05.2024: F (2, 12): 350.317; $P<000,1$).



Şekil 14. Bahçelerin fenolojik durumları (a: 06.03.2024; b:28.03.2024; c: 01.04.2024; d: 16.04.2024 tarihinde buket içerisinde çiçek sapları arasında nimfler; e: 25.04.2024; f: 06.05.2024; g: 10.05.2024)

Figure 14. Phenological conditions of the orchards (a: 06.03.2024; b: 28.03.2024; c: 01.04.2024; d: nymphs between flower stems in inflorescence on 16.04.2024; e: 25.04.2024; f: 06.05.2024; g: 10.05.2024)

üzerine kurgulanan son denemede 1,7 L 100 L⁻¹ oranında yazlık mineral yağ ve methoxyfenozide+spinetoram karışımı uygulanmış ve kontrol grubuna kıyasla bu denemelerde de ergin psillid bireyleri ve yumurtalarla karşılaşılmamıştır. Yağlı maddelerin armut psillidinin ovipozisyonunu engelleme etkisi, Erler (2004c), Zwick ve Westigard (1978) ve İmrek ve ark. (2017) tarafından da bildirilmiştir. Bu davranışsal etkinin mekanizması İmrek ve ark. (2017) tarafından zararlının kışlık-form erginlerinin yağlı yüzeyi ne yumurta bırakmak ne de yerleşmek için tercih etmediği şeklinde ifade edilmiştir. Bahsi geçen önceki çalışmalarda yazlık yağların 1 L 100 L⁻¹ dozları ile çalışılmış, bu çalışmada ise repellent etki 1,7 L 100 L⁻¹ oranında mineral yağlarla yapılan karışımlarda sağlanmıştır. Methoxyfenozide ve spinetoram aktif maddelerinin birlikte kullanımı ile zararlıya ruhsatlı olan spinetoram aktif maddesinin ortaya çıkardığı sonuçlar kıyaslandığında karışım aktiflerin, spinetoram'a göre daha yüksek öldürücü etkiye sahip olduğu görülmüştür. Methoxyfenozide ve spinetoram karışımlarının, methoxyfenozide dirençli popülasyon üzerindeki ortak toksisitesini belgeleyen son çalışmalarda, methoxyfenozide dirençli bir *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) popülasyonu üzerindeki öldürücü etkisini ve detoksifikasyon enzimleri üzerindeki etkilerini araştırmış, methoxyfenozide+spinetoram karışımlarının, methoxyfenozide dirençli *S. littoralis* bireylerine karşı etkili olduğu sonucuna varmış ve bu nedenle entegre mücadele programlarında kullanılabileceğini belirtmiştir (Ahmed ve ark., 2022). Ahmed ve ark. (2022), mücadelede methoxyfenozide+spinetoram karışımı kullanımını önerirken, önemli bir faydasını da her iki bileşenin de memeliler ve hedef dışı organizmalar için çok güvenli olması ve çevreyi kirletmemesi olarak rapor etmektedir.

Deneme alanlarından elde edilen sonuçlar bu bilgilerle paralel olmakla birlikte, deneme sırasında ortaya çıkan gözlemler sonucu uzun zamandır deneme bahçelerinde varlığı görülmemiş ve *Cacopsylla pyri*'nin önemli bir doğal düşmanı olan *Anthocoris sp.* (Er ve Uğur, 1999; Gençer ve Kovancı, 2000; Erler, 2004a), bireylerinin tekrar görülmüş olması önceki yıllarda fazla insektisit kullanımının zaman içerisinde psillid popülasyonunu baskı altında tutacak olan predatör ve parazitoid yoğunluklarını olumsuz etkilemelerinden (Winfield ve

ark., 1984) kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir. Bu bireylerin tekrar görülmüş olması ise denemede kullanılan preparatların yan etkilerinin düşük olduğu yönündeki düşüncüyü de kuvvetlendirmektedir.

Çalışmada tüm sezon boyunca *C. pyri* gelişimi için yeterli iklimsel koşullar (Gençer ve Kovancı, 2000; Yanık ve Uğur, 2005) oluşmuştur (Şekil 4 ve 5) ve yapılan uygulamaların literatürdeki diğer çalışmaların da (Erler ve Çetin, 2005; İmrek ve ark., 2017) bildirdiği gibi bitki aksamında fitotoksik bir etkiye sebep olmadığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar armut psillidi'nin kışlık-form erginlerinin ya yumurta bırakmadan önce öldürülmelerinin ya da ovipozisyonlarının engellenmesinin, psillid popülasyonlarının baskı altında tutulmasında çok önemli olduğu (Erler ve Çetin, 2005; İmrek ve ark., 2017) yönünde görüş bildiren araştırmalarla paralel fikir sahibi olunabileceğini gösterirken, yazlık mineral yağ oranlarındaki farklılıkların da diğer çalışmaların yapıldığı bölgelerde iklim verilerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Denemede kullanılan preparatlardan en etkili bulunan 300 g/l methoxyfenozide + 60 g/l spinetoram aktif maddeli preparatın tek başına yeterli olmadığı, yalnızca tona 17 L yazlık yağ oranı ile karıştırılarak uygulandığında ilk dönem nimfler üzerinde yüksek öldürücü etkiye (%100) sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 2 ve Şekil 13). Ayrıca tona 17 L yazlık yağ oranı ile karıştırılarak kullanıldıklarında kontrol grubuna kıyasla uygulama alanında ergin psillidlerin tekrar görülmemesi, armut psillidinin sürdürülebilir mücadelesinde; 300 g/l methoxyfenozide + 60 g/l spinetoram aktif maddeli preparatın 1,7 L 100 ml⁻¹ oranında 700 g L⁻¹ yazlık mineral yağ ile karıştırılarak uygulanmasının önemli bir potansiyel taşıdığı görülmektedir. Bu karışımın *C. pyri* ile mücadelede mücadele başarısını artırdığı hem de doğru zamanda uygulama ile ilaçlama tekrarını ve miktarını azalttığı çalışma sonuçlarından görülmektedir. Bu karışım insektisitlerin *C. pyri* mücadelesi için ruhsat çalışmalarına konu olabileceğini göstermekle birlikte bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda da uygulamaların; 1,7 L 100 L⁻¹ dozunda yazlık mineral yağların etkisinin tek başına ve 300 g/l methoxyfenozide + 60 g/l spinetoram aktif maddeli preparatların farklı dozları ile birlikte erken ilkbaharda yapılması ve erken dönem etkilerini görerek çalışma sonuçlarının desteklenmesi tavsiye edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, materyal ve yer temini sağlayarak çalışmayı destekleyen

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederler.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (2): 265-267.
- Ahmed, F. S., Y. S. Helmy and W. S. Helmy. 2022. Toxicity and biochemical impact of methoxyfenozide/spinetoram mixture on susceptible and methoxyfenozide-selected strains of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Scientific Reports* 12(1): 6974.
- Belmain, S. and P. Stevenson. 2001. Ethnobotanicals in Ghana: Pestic. Outlook, 12: 233-238.
- BKÜ. 2024. Bitki koruma ürünleri veri tabanı Available at: <https://bku.tarimorman.gov.tr/Zararli/Details/993>
- Bonnemaison L., J. Missonnier. 1955. Recherches sur le déterminisme des formes estivales ou hivernales et de la diapause chez le psylle du poirier (*Psylla pyri* L.). *Ann Epiphyties Ser C*. 1955:6:457-528.
- Čačija, M., R. Bažok, D. Lemić, M. Mrganić, H. Virić Gašparić and Z. Drmić. 2018. Spinosini-insekticidi biološkog podrijetla. *Fragmenta phytomedica*, 32(2): 43-60.
- Civolani, S., V. Soroker, W. R. Cooper, and D. R. Horton. 2023. Diversity, biology, and management of the pear psyllids: a global look. *Annals of the Entomological Society of America* 116(6): 331-357.
- Cooper W. R., D. R. Horton, M. R. Wildung, A. S. Jensen, J. Thinakaran, D. Rendon, L. B. Nottingham, E. H. Beers, C. H. Wohleb, D. G. Hall, and L. L. Stelinski. 2019. Host and non-host “whistle stops” for psyllids: molecular gut content analysis by high-throughput sequencing reveals landscape-level movements of Psylloidea (Hemiptera). *Environ Entomol* 48(3):554-566.
- Dhadialla, S., R. Carlson and P. Le. 1998. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* 43:545
- Er, H. 1996. Ankara ilinde armut ağaçlarında zararlı *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera: Psyllidae) doğal düşman yoğunluklarının saptanması üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış). A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara. 68s.
- Er, H. Ş. 2008. Armut zararlısı *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera: Psyllidae)’nin Ankara ilindeki biyolojisi üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara. 90 s.
- Er, H. ve Uğur, A. 1999. Ankara ilinde *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera: Psyllidae)’nin doğal düşmanları ve populasyon değişimleri üzerinde araştırmalar. Türkiye IV. Biyolojik Mücadele Kongresi. Adana. 295-307.
- Erler, F. 2004a. Natural enemies of the pear psylla *Cacopsylla pyri* in treated vs. untreated pear orchards in Antalya, Turkey. *Phytoparasitica* 32(3): 295-304.
- Erler, F. 2004b. Laboratory evaluation of a botanical natural product (AkseBio2) against the pear psylla *Cacopsylla pyri*. *Phytoparasitica* 32(4): 351-356.
- Erler, F. 2004c. Oviposition deterrence and deterrent stability of some oily substances against the pear psylla *Cacopsylla pyri*. *Phytoparasitica* 32(5): 479-485.
- Erler, F. 2004d. Bazı armut çeşitlerinin armut psyllidi, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hom., Psyllidae)’ye duyarlılık düzeyleri. Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture 17(2): 121-125.
- Erler, F. ve H. Cetin. 2005. Evaluation of some selective insecticides and their combinations with summer oil for the control of the pear psylla *Cacopsylla pyri*. *Phytoparasitica* 33: 169-176.
- Erler, F. and H. Cetin. 2007. Effect of kaolin particle film treatment on winterform oviposition of the pear psylla, *Cacopsylla pyri*. *Phytoparasitica* 35(5): 466-473.
- Erler, F. ve H. Ş. Tosun. 2017. "Plant oils as oviposition deterrents against winterform females of pear psylla, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae). *Phytoparasitica* 45(4): 509-515.
- FAO. 2025. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: www.faostat.fao.org.
- Fergani, Y. A., A. M. Khorchid, E. A. Abdou, and E. A. Refaei. 2024. Bio-efficacy of eco-friendly insecticides against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) in sugar beetroot ecosystem. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute* 7(1):86-95.
- Gençer, N.S. ve B. Kovancı. 2000. Bursa ilinde armutlarda zararlı *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera:Psyllidae)’nin biyolojisi. Türkiye IV. Entomoloji Kongresi. Aydın. 101-110.
- Gupta, G., U. Agarwal, H. Kaur, N. R. Kumar, and P. Gupta. 2017. Aphicidal Effects of Terpenoids Present in Citrus Limon on *Macrosiphum roseiformis* and Two Generalist Insect Predators. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 20(4):1087-1095.
- Horton D. R., B. S. Higbee and J. L. Krysan. 1994. Post-diapause development and mating status of pear psylla (Homoptera: Psyllidae) affected by pear and non-host species. *Ann Entomol Soc Am*, 87(2):241-249.
- IBM SPSS. 2015. Statistics for Windows, 2015 Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corporation.
- İmrek, B., H. Güven, F. Erler ve H. Ş. Tosun. 2017. Bazı bitki uçucu yağlarının armut psyllidi [*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)]’nin kışlık-formuna karşı yumurta bırakmayı engelleyici ve ovisidal etkileri. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi* 21(3): 259-265.

- Jarausch B., D. Burckhardt, P. Lauterer, W. Jarausch. Psyllids (Hemiptera, Psylloidea) captured in commercial apple and stone fruit orchards in southwest Germany, eastern France and northwest Switzerland. Mitt Schweiz Ent Ges. 2009;82:205–215.
- Karamürsel, D., E. Kaçal, F. P. Öztürk, G. Öztürk, A. Sarısu, M. Aydın, İ. Nazlı, Ö. F. Karamürsel, A. Güneşli, O. Uysal, O. Gündüz and E. Çapanoğlu Güven. 2023. Why Do Consumers Accept or Reject New Pear Varieties? XIV. International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2023” Abstract Book. s:679. 5-8 Ekim. Jahorina, Sarajevo. (Poster Presentation).
- Klimaszewski, S. M. and N. Lodos. 1979. Further data about jumping plant lice of Turkey (Homoptera: Psylloidea). Türkiye Bitki Koruma Dergisi 3:3-16.
- Koçak, Ö. 2017. Hatay ilinde yetiştirilen elma ve armut ağaçlarında zararlı *Cacopsylla* (Hemiptera: Psyllidae) türlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hatay. 33s.
- Kovancı, B., N. S. Genç, M. Kaya ve B. Akbudak. 2000. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi armut bahçesinde *Cacopsylla pyri* (L.)(Homoptera: Psyllidae)'nin populasyon değişimi üzerinde araştırmalar. Türk. Entomol. Derg. 24 (4): 289-300.
- Külcüoğlu, N., S. Öztemiz ve İ. Ciner. 2023. Bursa İli Armut Bahçelerinde *Cacopsylla pyri* (L.)(Hemiptera: Psyllidae)'nin Yayılış Alanının Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 10(1): 23-28.
- Oz, V., ve F. Erler. 2021. Evaluation of oviposition deterrent activity of four oily substances against winterform females of pear Psylla, *Cacopsylla pyri*. Bulletin of Insectology 74 (2): 285-290.
- Önuçar, A. 1983. İzmir ve Çevresinde Bitkilerde Zararlı Psyllid (Homoptera: Psyllinea) Türlerinin Tanınmaları, Konukçuları ve Taksonomileri Üzerinde Araştırmalar. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ziraat Mücadele ve Ziraat Karantina Genel Müdürlüğü, İzmir Bölge Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Araştırma Eserleri Serisi No: 44. Ankara. 122 s.
- Öztürk F. P., G. Öztürk, E. Kaçal, D. Karamürsel, A. Bayav, A. Sarısu. 2016. Armutta Tüketicinin Tercih Ettiği Dış Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. Bildiriler Kitabı Cilt 1: 511. 24-27 Mayıs. Isparta.
- Öztürk F. P., G. Öztürk, E. Kaçal, D. Karamürsel, A. Sarısu, M. Aydın, Ö. F. Karamürsel, İ. Nazlı and A. Güneşli. 2023. Pear Breeding for The Future. XIV. International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2023”. Book of Proceedings s:430-435. 5-8 Ekim. Jahorina, Sarajevo. (Oral Presentation).
- Schneider, M., G. Smagghe, S. Pineda, and E. Viñuela. 2004. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. Biol. Control 31: 189–198.
- Shah, R. M., N. Abbas, and S. A. Shad. 2015: Assessment of resistance risk in *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) to methoxyfenozide. Acta Trop. 149: 32–37.
- Sharaby, A. 1988. Effectiveness of Orange, *Citrus sinensis* (L.) Peel Oil on Reproduction in *Phthorimaea operculella* (Zell). Int. J. trop. Insect Sci. 9: 201- 203.
- Souliotis, C., and T. Moschos, 2008. Effectiveness of some pesticides against *Cacopsylla pyri* and impact on its predator *Anthocoris nemoralis* in pear-orchards. Bulletin of Insectology 61(1): 25.
- Tripathi, A.K., V. Prajapati, S. P. S. Khanuja and S. Kumar. 2003. Effect of D. Limonene on Three Stored-Product Beetles. J. econ. Ent. 96: 990-995.
- TÜİK. 2024. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Available at: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- Tukey, J. W. 1949. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. Biometrics 5 (2): 99-114.
- Ulubaş Serçe, Ç., M. Gazel, K. Çağlayan, M. Bas, and L. Son. 2006. Phytoplasma diseases of fruit trees in germplasm and commercial orchards in Turkey. J. Plant Pathology 88: 179-185.
- Warnock, D. F. and R. A. Cloyd. 2005. Effect of pesticide mixtures in controlling western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Entomological Science 40(1): 54-66.
- Westigard, P. H. and R. W. Zwick. 1972. The pear psylla in Oregon. Corvallis (OR): Oregon State University. 19.
- Winfield, A.L., M. Hancock, A.W. Jackson, and R.P. Hommon. 1984. Pear sucker (*Psylla pyricola*) in Southeast England. SROP/WPRS Bull. 7(5): 45- 54.
- Yanık, E., ve A. Uğur. 2005. Avcı böcek *Anthocoris nemoralis* (F.)(Heteroptera: Anthocoridae)'in laboratuvar ve doğa koşullarında üreme gücü üzerinde araştırmalar. Turkish Journal of Entomology 29(2): 111-124.
- Yetgin, M. A. 2010. Organik tarımda bitki koruma yöntemleri. Available at: https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/organik_tarimda_bitki_koruma_yontemleri.pdf . Erişim tarihi:11.10.2024
- Yıldırım, B. 1993. Konya yöresinde armut ağaçlarında zarar yapan Psyllidae (Homoptera) familyası türleri, zarar şekli, kısa biyolojisi ve populasyon düzeyinin tesbiti üzerinde çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. E.Ü. Zir. Fak. Bit. Kor. Böl. İzmir. 33 s.
- Zwick, R.W., and P. H. Westigard. 1978. Prebloom petroleum oil applications for delaying pear psylla (Homoptera: Psyllidae) oviposition. The Canadian Entomologist 110: 225-23

Kırklareli Koşullarında Farklı Sulama Suyu Seviyelerinin Şeker Sorgumu ve Silajlık Mısır Bitkilerinin Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisi

Ozan ÖZTÜRK^{1*} 

Selçuk ÖZER² 

Ülviye ÇEBİ³ 

Başak AYDIN⁴ 

Gürkan Güvenç AVCI⁵ 

^{1,2,3,4}Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli/TÜRKİYE

⁵Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0001-8329-2739>

²<https://orcid.org/0000-0002-6055-4377>

³<https://orcid.org/0000-0002-1587-6318>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5047-7654>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-2760-0773>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ozan2006@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 22.10.2024

Accepted (Kabul tarihi): 23.01.2025

ÖZ: Kısıntılı sulama koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin tatlı sorgum ve silajlık mısır bitkilerinin verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini ölçmeyi amaçlayan bu çalışma 2023 yılında Kırklareli İlinde bulunan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü kampüsünde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada ana konuları sorgum ve mısır bitkileri oluştururken, alt konuları S0: Yağışa dayalı konu, S1: Class A-Pan'dan meydana gelen buharlaşmanın %100'ünün uygulandığı konu, S2: S1 konusunun %66'sının uygulandığı konu, S3: S1 konusunun %33'ünün uygulandığı konu oluşturmuştur. Araştırma sonucunda en yüksek yeşil yem verimine 7.046,32 kg da⁻¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük yeşil yem verimi S0 (2.404,73 kg da⁻¹) konusundan elde edilmiştir. En düşük yeşil yem verimi silajlık mısırdaki S0 (1.857,93 kg⁻¹) konusunda ortaya çıkmıştır. Sorgum ve silajlık mısır bitkilerinde, en yüksek miktarda sulama suyu uygulanan konuya 402 mm, %66 su uygulaması yapılan konuya 267 mm ve %33 su uygulaması yapılan konuya 133 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sorgum bitkisinin Kırklareli koşullarında bitki su tüketimi değerleri 238-617 mm arasında tespit edilmiştir. Sulama suyu kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 11,78-18,22 kg m⁻³ arasında, sorgum bitkisinde ise 19,07-28,94 kg m⁻³ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Şeker sorgumu, silajlık mısır, su kısıtı, tarımsal sulama.

Effect of Different Irrigation Water Levels on Yield and Quality Parameters of Sugar Sorghum and Silage Maize Plants in Kırklareli Conditions

ABSTRACT: This study, which aimed to measure the effects of different irrigation water levels on yield and quality parameters of Sugar sorghum and silage maize plants under deficit irrigation conditions, was carried out in 2023 in the Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute campus in Kırklareli Province according to the randomized blocks split design with three replicates. While the main treatments in the research were sorghum and maize plants, the sub-treatments were S0: Rainfed treatment, S1: Treatment to which 100% of the evaporation from Class A-Pan was applied, S2: Treatment to which 66% of the S1 was applied, S3: Treatment to which 33% of the S1 was applied. As a result of the research, the highest green forage yield was obtained from sugar sorghum with 7.046,32 kg da⁻¹. While S1 and S2 were in the same class in irrigation treatments, the lowest green forage yield was obtained from S0 (2.404,73 kg da⁻¹). The lowest green forage yield was obtained from S0 (1.857,93 kg⁻¹) in silage maize. In sorghum and silage maize plants, 402 mm irrigation water was applied to the treatment with the highest amount of irrigation, 267 mm to the subject with 66% water application and 133 mm to the treatment with 33% water application. Evapotranspiration values of sorghum plant were determined between 617 and 238 mm under Kırklareli conditions. It was determined that irrigation water use efficiency varied between 11,78-18,22 kg m⁻³ in maize plant and between 19,07-28,94 kg m⁻³ in sorghum plant.

Keywords: Sugar sorghum, silage maize, agricultural irrigation, water restriction.

GİRİŞ

Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*), özellikle mısır üretimi için yeterli sulama ve yağış imkânı olmayan yerlerde yetiştiriciliği yapılan bir kaba yem bitkisidir (Oluk ve ark., 2022). Hayvan beslenmesinin yanında insan beslenmesinde de kullanılan, güçlü kök yapısıyla geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip, ekstrem toprak türlerinde dahi yetiştiriciliği yapılan iyi bir biyokütle bitkisidir (Adıyaman ve ark., 2020). Son yıllarda sağlıklı ve doğal beslenmeye yönelik artan talep nedeniyle popülerliği artan bir bitki türüdür. Bu bitkinin sapları ve tohumları, birçok farklı yemek tarifinde ve tatlılarda alternatif olarak kullanılmaktadır. Şeker kamışı gibi yüksek miktarda şeker içerir. Ancak, tatlı sorgum şekerinin, şeker kamışı şekerine kıyasla daha az yoğun olduğu bilinmektedir. Tatlı sorgum bitkisinin yararları arasında, lif, vitaminler ve mineraller açısından zengin olması sayılabilir. Bu bitki, özellikle diyabet hastaları için önemli bir alternatif olarak da kabul edilmektedir. Düşük glisemik indeksi sayesinde tatlı sorgum kan şekeri seviyelerini kontrol altında tutmaya yardımcı olmaktadır.

Silajlık mısır (*Zea mays* L.), dünya genelinde hayvan beslemede en yaygın kullanılan yem bitkilerinden biridir. Yüksek enerji içeriği, sindirilebilirliği ve verim potansiyeli sayesinde, hayvancılık sektöründe vazgeçilmez bir yem bitkisi olmuştur. Literatürde, silajlık mısırın kuraklık, sulama rejimleri ve yem kalitesi üzerindeki etkilerine dair pek çok çalışma bulunmaktadır. Silajlık mısırın uygun sulama stratejileri altında yüksek verim ve kaliteli silaj sağladığı belirtilmiştir (Davis ve West, 2005; NeSmith ve Ritchie, 1992). Diğer araştırmalarda, azotlu gübre uygulamalarının silajlık mısırın biyokütle ve besin değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Turgut ve ark., 2005; Karam ve ark., 2003). Kuraklık ve su kıtlığı koşullarında, silajlık mısırın biyokütle üretiminin sulama suyu miktarına duyarlı olduğu ve su kısıtlamalarının verim ve kaliteyi belirgin şekilde etkilediği bildirilmiştir (Çakır, 2004; Pandey ve ark., 2000).

Küresel ısınmanın etkisiyle su kaynaklarının azalması, Küresel ısınmanın etkisiyle su kaynakları azalmakta, bitkilerin vejetasyon sürecinde ihtiyaç duyduğu yağışlar ise yeterli ve dengeli bir dağılım göstermek yerine kısa sürede yoğun ve dengesiz olarak gerçekleşmektedir. Kurak geçen kış aylarının ardından

hasat dönemine gelen yoğun yağışlar bitkilerin verimi kalitesi üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bazı bölgelerde daha az yağış ve daha sıcak hava koşullarına neden olabilmekte ve bu da barajların beslenme kaynaklarını etkileyebilmektedir. Daha az yağış, barajların doluluk oranlarını doğrudan etkiler. Barajlar, su havzaları ve akarsular yoluyla beslenir ve havzalardaki yağış miktarı, barajlardaki su seviyesini etkiler. Daha az yağış, havzalardaki su kaynaklarının azalmasına ve bu nedenle barajlardaki doluluk oranlarının düşmesine neden olur. Bunun sonucu olarak ülkemizde bazı dönemlerde sulanan alanlarda kısıtlamalara gidilmekte, sulama sahası içerisinde yüksek su tüketimi olan bitkilerin ekilmesine izin verilmemektedir. Böyle durumlarda daha az sulama suyu ile daha fazla biyokütle üretebilen bitki arayışları ön plana çıkmaktadır. Literatürde şeker sorgumu ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Naescu ve Nita, 1991; Payam ve Yousef, 2005; Küçüksemerci ve Baytekin, 2007; Avcıoğlu ve ark., 2009; Geren ve Kavut, 2009; Miller ve Ottman, 2010; Garofalo ve ark., 2011; Ramos ve ark., 2012; Shenkut ve ark., 2013; Enciso ve ark., 2015; Urrea ve ark., 2016; Bilen, 2018; Dündar ve ark., 2019; Dündar ve ark., 2020; Moray ve İstanbulluoğlu, 2022; Yücel ve ark., 2020; Aydınşakir ve ark., 2021; Aksoy ve ark., 2023; Sezgin ve Alatürk, 2023). Son yıllarda az su tüketerek yüksek biyokütle üretme potansiyeliyle dikkat çeken tatlı sorgumun, Kırklareli koşullarında su tüketimi ve su kısıtlamasına verdiği tepkilerin belirlenmesi önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu araştırmada, kısıntılı sulama koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin tatlı sorgum ve silajlık mısırın verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve aynı koşullarda yetiştirilen iki bitkiden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırma Kırklareli İli Merkez İlçesinin yaklaşık 4 km güneyinde Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazilerinde 5 numaralı üretim parseli içerisinde yürütülmüştür. Kırklareli ili coğrafi konum olarak; Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır. Kuzeyinde Bulgaristan, güneyinde Tekirdağ, doğusunda Karadeniz, batısında Edirne bulunmaktadır.

Tarım alanları içerisinde %98 oranında tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan Kırklareli ilinde ağırlıklı olarak

buğday-ayçiçeği ekim nöbeti uygulanmaktadır. Kırklareli ilinde yaklaşık 83 bin dekar alanda silajlık mısır yetiştiriciliği, 1362 dekar alanda ise sorgum yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2023). Araştırmada Mega çeşidi Şeker Sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*) bitkisi ve Pioneer 2088 çeşidi Silajlık Mısır (*Zea Mays* L.) bitkisi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma alanında ekim öncesi diskaro ile ilk sürüm işlemi gerçekleştirilmiş, rotatiller ile ikileme yapıldıktan sonra tırmık ve merdane ile tohum yatağı hazırlanmıştır. Tatlı sorgum sıra arası 70 cm, sıra üzeri 5 cm, silajlık mısır sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm olacak şekilde düzenlenmiş ve pinomatik mibzerle 16 Mayıs 2023 tarihinde ekim yapılmıştır.

Tohum derinliği yaklaşık 2-3 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Araştırmada kullanılan Sorgum ve mısır bitkileri 16 Eylül 2024 tarihinde hasat edilmiştir.

Toprak profili boyunca 0-90 cm toprak derinliğinde bünye sınıfı kumlu- tın, 90-120 cm derinliğinde kumlu killi tın bünyeye sahiptir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri, 121.10 mm/90 cm olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan sulama suyu enstitü arazisi içinde bulunan derin kuyudan sağlanmıştır. Sulama suyunun pH'sı 7,05, tuzluluğu 0,912 dS m⁻¹ olup T₃A₁ sınıfındadır. Deneme alanına ait araştırma enstitüsü meteoroloji istasyonlarından alınan iklim verileri Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanına ait iklim verileri.
Table 1. Climate data of the experimental area.

Ay (Month)	Ort. Sıcaklık (Avg. Temperature) (°C)	Maks. Sıcaklık (Max. Temperature) (°C)	Min. Sıcaklık (Min. Temperature) (°C)	Ortalama Nem (Avg. Humidity) (%)	Net Radyasyon (Net Radiation)	Rüzgâr Hızı (Wind Speed) (m/s)	Yağış (Precipitation) (mm)
Ocak (January)	6,68	18,51	-3,19	85,92	4,70	1,99	26,30
Şubat (February)	3,99	19,05	-5,70	71,73	28,26	2,32	6,40
Mart (March)	8,34	20,48	-4,28	78,12	50,85	2,07	44,70
Nisan (April)	10,80	19,70	1,63	79,13	73,41	1,35	99,30
Mayıs (May)	15,02	26,48	3,43	70,57	102,59	1,58	33,00
Haziran (June)	20,75	32,25	10,21	62,10	130,04	2,00	56,20
Temmuz (July)	24,85	37,65	11,94	57,83	151,38	1,48	17,20
Ağustos (August)	24,87	36,64	13,63	58,56	129,84	2,03	1,20
Eylül (September)	21,38	33,95	10,58	63,95	87,36	1,97	7,59
Ekim (October)	16,60	27,81	4,55	68,26	47,13	1,52	2,39
Kasım (November)	16,41	24,42	8,28	76,62	28,12	1,34	9,15
TOP/ORT (TOTAL/AVG)	15,43	37,65	-5,70	70,25	75,79	1,79	303,44

Metot

Araştırma tarla koşullarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana konuları bitki türü, alt konuları ise sulama suyu miktarları oluşturmıştır.

Ana Konular:

B1: Şeker Sorgum
Silajlık Mısır

B2:

Alt Konular:

S0: Yağışa dayalı konu

S1: Class A-Pan'dan meydana gelen yığışlı buharlaşmanın %100'ünün uygulandığı konu

S2: S1 konusuna uygulanan su miktarının %66'sının verildiği konu

S3: S1 konusuna uygulanan su miktarının %33'ünün verildiği konu

Toplamda 24 deneme parselinde yürütülen araştırmada her bir deneme parseli 5,60 m x 10 m boyutlarında olmak üzere 56 m² alana kurulmuştur.



Şekil 1. Deneme alanının görüntüsü.
Figure 1. Image of the experimental area.

Sulama sistemi; kontrol birimi ile 63 mm çaplı ana boru, 40 mm çaplı manifold ve 20 mm çaplı lateral hatlarından oluşmuştur. Lateraller 20 mm çapında olup, 40 cm aralıklarla yerleştirilmiş, basınç ayarlı ve debisi saatte 2 litre olan içten geçik (in-line) damlatıcılardan oluşmuştur. Kontrol biriminde ise kum-çakıl filtre, hidrosiklon, manometre, disk filtre, vanalar, su sayacı ve bağlantı elemanları bulunmaktadır. Toprağın infiltrasyon hızı dikkate alınarak damlatıcı aralıkları ve debileri belirlenmiştir. Lateral aralıkları ise her sıra arasına bir tane gelecek şekilde 70 cm olarak ayarlanmıştır. Deneme konularına uygulanan net sulama suyu miktarı, buharlaşma kabından oluşan yığışimli buharlaşma miktarı esas alınmıştır. Araştırma konularına sulama suyu A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen yığışimli buharlaşma miktarına göre uygulanmıştır. 25,5 cm derinliğinde ve 121 cm çapında olan ve galvanize saçtan yapılmış olan kap yerden 20 cm yükseklikte ahşap palet üzerine oturtularak su terazisi ile dengelenmiştir. Kabın içindeki su miktarı paslanmaz malzemeden yapılmış mm hassasiyetinde cetvel ile ölçülmüştür. Bloklar arasına yerleştirilmiş ve üzeri ince kafes teli ile yabancı madde ve zararlı girişine karşı engellenmiştir. Her hafta sonu yıkanarak temizlenmiş ve yeniden doldurulmuştur.

Verilen su miktarı parsel başlarına konulan su sayaçlarıyla ölçülmüş olup (Kanber ve Güngör, 1986) sulamalar haftada 1 defa yapılmıştır. Sulamalara araştırmada kullanılan her iki bitki içinde ara çapa yapıldıktan sonra sulama sistemi kurulmuş ve sulamalara başlanmıştır. Her iki bitkiye de eşit sayıda sulama yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Ekim

sonrası meydana gelen yağışlar çimlenme ve çıkış için yeterli olmuştur.

$$I = Kp \times Ep \times P \times A$$

Eşitlikte;

I: Uygulanacak net sulama suyu miktarını (mm)

Kp: Buharlaşma kabı katsayısını

Ep: Yığışimli buharlaşma miktarını (mm)

P: Islatma yüzdesini (%)

A: Alanı ifade etmektedir (m²).

Araştırmada kullanılan şeker sorgum ve mısırın etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmış ve bu derinliğe uygulanacak su miktarı su bütçesi yöntemine göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber, 1997).

$$ET = I + P + Cp - Dp - Rf - \Delta S$$

Eşitlikte;

ET: Bitki su tüketimini (mm)

I: Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarını (mm)

P: Periyot boyunca düşen yağışı (mm)

Cp: Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarını (mm)

Dp: Derine sızma kayıplarını (mm) (ihmal edilmiştir)

Rf: Deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarını (mm) (ihmal edilmiştir)

ΔS : Etkili kök bölgesinde toprak nemindeki değişim (mm) değerini ifade etmektedir.

Tarla kapasitesi, solma noktası ve bünye gibi toprak özellikleri, her 30 cm (30, 60 ve 90) toprak derinliğinden alınan bozulmuş toprak örneklerinden, hacim ağırlığı ise bozulmamış toprak örneklerinden belirlenmiştir (Blake, 1965; Benami ve Diskin, 1965). Ayrıca, deneme öncesinde 2 farklı noktada çift silindir infiltrometre ile toprağın infiltrasyon hızı ölçülmüştür. Araştırma süresince, her bir deneme konusu için bitki kök bölgesindeki toprak nemi toprak profilinin 0-90 cm derinlikleri arasında 15 günlük periyotlar halinde sulama öncesi ve sulamadan 1 gün sonra gravimetrik metot ile takip edilmiştir.

Deneme parsellerine uygulanan sulama suyu miktarı ve alınan yeşil ot verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Zhang ve ark., 1998; Howell, 2001).

$$IWUE = \frac{Y - Y_0}{I}$$

$$WUE = \frac{Y - Y_0}{ET}$$

Eşitliklerde;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanını (kg m⁻³)

WUE: Su kullanım randımanını (kg m⁻³)

Y: Sulama suyu uygulanan deneme konularından ölçülen verimi (kg da⁻¹)

Y₀: Sulama suyu uygulanmayan deneme konusundan ölçülen verimi (kg da⁻¹)

I: Uygulanan sulama suyu miktarını (mm)

ET: Ölçülen bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

Bitkisel gözlemler

Yaprak sap oranı (%): Her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin yaprakları saplarından ayrılarak ayrı ayrı tartılmış ve toplam bitki ağırlığına oranı hesaplanmıştır (Anonim, 2010)

Yaş bitki ağırlığı (g adet⁻¹): Her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin elde edilen ağırlıklarını ortalamaları alınmıştır.

Yeşil ot verimi (kg da⁻¹): Bitkiler hasat olgunluğuna gelince toprağın 8-10 cm üzerinden kenar tesiri dikkate alınarak hasat gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verim kg da⁻¹'a çevrilerek yeşil ot (silaj) verimi elde edilmiştir (Anonim, 2010).

Kuru bitki ağırlığı (g): Biçim sonrası her parselden elde edilen bitkilerden 2-3 tanesi seçilerek, bıçakla 1-2 cm boyutlarında parçalanmış ve yeşil otlardan rastgele 0,5 kg'lık bir örnek alınmıştır. Bu örnek, etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar 68 °C'de kurutulmuştur. Ardından, 24 saat boyunca desikatörde bekletilmiş, tartılmış ve kuru bitki ağırlığı hesaplanmıştır.

Bitki boyu (cm): Her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin, toprak yüzeyinden salkım başlangıcına kadar olan kısmı ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak bitki boyu hesaplanmıştır.

Kalite analizleri

Şeker oranı (briks (%)), yapraksız sap verimi, kuru madde (%) ve teorik etanol verimi hesaplanmıştır.

Briks (suda çözünmüş kuru madde oranı): Her parselden alınan 5 kg'lık bitki karışım örneği preslenerek sırası elde edilmiştir. Bu sıranın briks derecesi, refraktometre cihazı kullanılarak yüzde (%) olarak ölçülmüştür (Kutlu, 2008).

Teorik etanol verimi: 3,78 L (1 galon) etanol üretmek için 5,68 kg toplam şeker (glikoz, früktoz ve sakaroz) gereklidir. Bu nedenle, toplam şeker miktarı 5,68'e bölünerek elde edilen sonuç, 3,78 ile çarpılarak litreye dönüştürülür. Şekerden etanol elde edilirken bazı kayıplar (maya vb.) ve yan ürünler (glycerol, asetik asit, laktik asit vb.) meydana geldiğinden, hesaplanan değer %80'i net etanol olarak kabul edilir. Buna göre, teorik etanol verimi şu formül ile hesaplanmıştır:

$$EtOH = \frac{\text{Toplam Şeker}}{5,68} \times 3,78 \times 0,8$$

Hasat olgunluğu: Sorgum bitkilerinde hasat zamanı olarak püsküllerin renginin kahverengiye döndüğü dönem, mısır bitkilerinde ise hamur olum dönemi olarak belirlenmiştir.

Ham kül analizi, ham protein analizi ham selüloz analizi: Kutlu (2008)'e göre, kuru madde, ham protein, ham selüloz, ham kül, ham yağ, ADF, NDF ve metabolik enerji ise Van Soest ve ark. (1991)' de verilen esaslara göre yapılmıştır.

İstatistiksel analizler

Araştırmada, istatistiksel analizler için “JMP” paket programı, grafik ve tabloların oluşturulmasında “MS EXCEL” paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Şeker Sorgumu ve mısır bitkilerinin yeşil yem verimlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bitki türlerinin yeşil yem verimi üzerine etkisi %1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yeşil yem verimine 7.046 kg da⁻¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük yeşil yem verimi S0 (2.404 kg da⁻¹) konusundan elde edilmiştir. Bitki türü sulama suyu miktarı interaksyonuna göre şeker sorgumunda S1 (9.611 kg⁻¹) ve S2 (9.129 kg⁻¹) konuları en yüksek yeşil yem verimine ulaşılan konular olmuştur. En düşük yeşil yem verimi silajlık mısırdaki S0 (1.857 kg⁻¹) konusunda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Yeşil ot verimlerine ait varyans analiz tablosu
Table 2. Variance analysis of green fodder yield

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0.0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
		Verim (kg da ⁻¹) (Yield kg/da)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	3.826	B
	Şeker Sorgumu (Sugar Sorghum)	7.046	A
	LSD (0,01)	922,26	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0.0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparisons)		Verim (kg da ⁻¹) (Yield kg da ⁻¹)	
Sulama Suyu	S0	2.404	C
Miktarı	S1	7.774	A
(Irrigation Water	S2	6.912	A
Amount)	S3	4.653	B
LSD (0,01)		1.304,42	

Çeşit, verimi etkileyen unsurlardan biri olup, yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Küçüksemerci ve Baytekin (2007), farklı sorgum çeşitleri ile yaptıkları çalışma sonuçlarında PHS 12-10 çeşidinin yeşil ot

veriminin 6.143 kg da⁻¹ olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. Sezgin ve Alatürk (2023), yürüttükleri bir çalışmada şeker sorgumunda iki yıllık ortalama 4.193,4 kg’dan 8.962,4 kg’a yükselen yeşil ot verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Dünder ve ark. (2020), yürüttükleri çalışmada deneme konularına 4 farklı sulama suyu düzeyi olmak üzere toplam 227,8 ile 479,6 mm arasında sulama suyu uygulamışlar ve en yüksek verimin I1(tam sulama konusu), en düşük verimin I4 (yağışa dayalı konu) sulama düzeylerinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Dünder ve ark. (2019), farklı sulama suyu düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkilerini araştırmışlar ve kuru madde veriminin 6.006,70 ile 3.661,80 kg da⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Neascu ve Nita (1991) şeker sorgumunda yeşil ot veriminin 3.830-8.840 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bilen (2018), yaptıkları çalışmada yeşil ot veriminin 6.237-6.635 kg da⁻¹, kuru madde oranının %18-20,15 arasında değiştiğini bildirmiştir. Moray ve İstanbulluoğlu (2022) sorgum-sudan otu melezinde yaptıkları sulama denemesinde yeşil ot veriminin 3.200-5.030 kg da⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışmamızdan elde edilen yeşil ot verim değerleri literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Şeker sorgumu ve mısır bitkilerinin farklı sulama suyu seviyelerinde bitki su tüketimleri Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırmada kullanılan bitkilere eşit sayıda sulama yapılmış olup Sorgum ve silajlık mısır bitkilerinde, en yüksek miktarda sulama yapılan konuya (S1) 402 mm, %66 su uygulaması yapılan konuya(S2) 267 mm ve %33 su uygulaması yapılan konuya(S3) 133 mm sulama suyu uygulanmıştır. Vejetasyon döneminde 102 mm yağış düşmüştür.

Bitki su tüketimi miktarları; şeker sorgumunda konulara göre sırasıyla 617 (S1), 485 (S2), 366 (S3) ve 238 (S0) mm olurken silajlık mısır bitkisinde bu değerler sırasıyla 610 mm, 509 mm, 336 mm ve 206 mm olmuştur (Çizelge 3).

Benzer sonuçlar, Aydınşakir ve ark. (2021) tarafından da bulunmuştur. Araştırmacılar yürüttükleri çalışmada %100 su uygulaması yaptıkları konuya 434 mm (iki yıl ortalaması) sulama suyu uygulamışlardır. Yüzey üstü damla sulama sistemi ile yapılan %100 oranındaki sulama konusunda bitki su tüketimini (ET) 553,6 mm olarak elde ederlerken, en düşük bitki su tüketimi değerini 198,5 mm ile yağışa dayalı konuda elde etmişlerdir. Farklı iklim koşulları, farklı çeşit ve

uygulamalar sonucunda, farklı araştırmacılar farklı oranlarda sulama suyu uygulamışlardır. Moray ve İstanbulluoğlu (2022), 94-340 mm arasında sulama suyu uygularken, Miller ve Ottman (2010), 882-1.394 mm arasında sulama suyu uygulamışlardır.

Yapılan birçok araştırmada mısır bitkisinin farklı koşullarda ve farklı sulama uygulamalarında bitki su tüketim değerlerinin 456- 1.092 mm arasında değiştiği görülmektedir (Dağdelen ve ark., 2010; Djaman ve ark., 2013; Hao ve ark., 2018; Akşit, 2020; Kara ve Şahin, 2021; Değirmenci ve Keten, 2020).

Sulama suyu kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 11,78-,18,22 kg m⁻³ arasında, sorgum bitkisinde 19,07-

28,94 kg m⁻³ arasında, su kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 8,37-9,73 kg m⁻³, sorgum bitkisinde ise 12,40-18,82 kg m⁻³ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Garofalo ve ark. (2011), sorgumda su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliğini sırası ile ortalama 8,22 ve 5,87 kg m⁻³ olarak hesaplamışlardır. Aydınşakir ve ark. (2021) sorgumun su kullanım etkinliğinin sulama düzeylerine göre 2,9-6,0 kg da mm⁻¹ arasında, Enciso ve ark. (2015) sorgumun farklı su düzeylerinde su kullanım etkinliğinin 3,95 ile 23,5 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge3. Sorgum ve mısır bitkisi su tüketim değerleri.

Table 3. Evapotranspiration values of sorghum and maize.

Sorgum (Sugar Sorghum)				
Konu Treatment	Sulama Suyu (mm) (Irrigation Water)	ΔS	Yağış (mm) (Precipitation)	ET (mm)
S0	0	136	102	238
S1	402	113		617
S2	267	116		485
S3	133	131		366
Mısır (Maize)				
Konu Treatment	Sulama Suyu (Irrigation Water) (mm)	ΔS	Yağış (Precipitation) (mm)	ET (mm)
S0	0	104	102	206
S1	402	106		610
S2	267	140		509
S3	133	101		336

Çizelge 4.1 Sorgum ve mısır sulama suyu kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği (kg m⁻³).

Table 4. Irrigation water use efficiency and water use efficiency of sorghum and maize (kg m⁻³).

Sorgum (Sugar Sorghum)					
Konu Treatment	Verim (kg da ⁻¹) Yield (kg da ⁻¹)	Sulama Suyu (mm) Irrigation Water (mm)	ET (mm)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
S0	2952	0	238	28,94	12,40
S1	9611	402	617	19,07	15,58
S2	9130	267	485	24,74	18,82
S3	6493	133	366	27,63	17,74
Mısır (Maize)					
Konu Treatment	Verim (kg da ⁻¹) Yield (kg da ⁻¹)	Sulama Suyu (mm) Irrigation Water (mm)	ET (mm)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
S0	1.858	0	206	18,22	9,02
S1	5.938	402	610	11,78	9,73
S2	4.696	267	509	12,73	9,23
S3	2.813	133	336	11,97	8,37

Sorgum ve mısır bitkilerinin bitki boylarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Bitki türlerinin bitki boyu üzerine etkisi %1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyuna 305,64 cm ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en

düşük bitki boyu S0 (187,22 cm) konusundan elde edilmiştir. Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S2 (403,25 cm) ve S1 (386,30 cm) konuları en yüksek bitki boyuna ulaşılan konular olmuştur. En düşük bitki boyu silajlık mısırdaki S0 (185,43 cm) konusunda elde edilmiştir.

Çizelge 5.2 Bitki boylarına ait varyans analiz tablosu.
Table 5. Variance analysis for plant height.

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	258,18	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	305,64	A
	LSD (0,01)	8,47	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
	S0	187,22	C
Sulama Suyu Miktarı	S1	349,22	A
(Irrigation Water Amount)	S2	341,12	A
	S3	250,02	B
	LSD (0.01)	11,98	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
x Bitki Türü (Crop Type)		0,5994	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
	S0-Mısır	185,43	F
	S0-Sorgum	189,00	F
	S1-Mısır	312,13	C
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation	S1-Sorgum	386,30	B
Water Amount x Crop Type)	S2-Mısır	279,00	D
	S2-Sorgum	403,25	A
	S3-Mısır	256,13	E
	S3-Sorgum	244,00	E
	LSD (0.01)	16,94	

Yücel ve ark. (2020), Adana koşullarında yürüttükleri araştırmada 232,2-429,3 cm arasında bitki boyu elde ettiklerini bildirmişlerdir. Geren ve Kavut (2009) ikinci ürün olarak ekilen bazı sorgum çeşitleri ile mısırı karşılaştırdıkları çalışmalarında en yüksek bitki boyunu 344,0 cm ile birinci yıl ekilen *S. Sudanense*'de,

en düşük bitki boyunu 137,6 cm ile ikinci yıl *S. Vulgare*'de elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bilen (2018), yaptığı araştırmada bitki boylarının 198-203 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Sorgum ve mısır bitkilerinin yaprak sap oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Yaprak sap oranlarına ait varyans analiz tablosu (%).

Table 6. Variance analysis of leaf-stem ratios (%).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		0,4551	
Tekerrür (Replication)		0,4964	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	0,20	
	Sorgum (Sugar Sorghum)	0,18	
	LSD (0,01)	0,048	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0013*	
Tekerrür (Replication)		0,4964	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0	0,29	A
	S1	0,18	B
	S2	0,15	B
	S3	0,14	B
	LSD (0,01)	0,07	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount) x Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,7004	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S0-Mısır	0,25	AB
	S0-Sorgum	0,33	A
	S1-Mısır	0,17	BC
	S1-Sorgum	0,12	C
	S2-Mısır	0,17	BC
	S2-Sorgum	0,11	C
	S3-Mısır	0,19	BC
	S3-Sorgum	0,16	BC
	LSD (0,01)	0,097720	

Çizelge 6 incelendiğinde, yaprak-sap oranları açısından bitki türleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Mısır bitkisinde %20 yaprak sap oranı elde edilirken şeker sorgumunda %18 oranında yaprak sap oranı tespit edilmiştir. Sulama suyu miktarının yaprak sap oranı üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek yaprak sap oranına yağışa dayalı konuda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Yağışa dayalı

konuda (S0) %29 oranında yaprak sap oranı elde edilirken diğer konularda sırasıyla %18, %15 ve %14 oranlarında yaprak sap oranları elde edilmiştir. S1, S2 ve S3 konuları istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almışlardır (Çizelge 6). Geren ve Kavut (2009) bazı sorgum çeşitleri ile mısırı karşılaştırdıkları çalışmalarında yıl-bitki türü interaksyonunun yeşil otta yaprak oranları üzerinde önemli etkiye sahip

olduğunu ve en yüksek yaprak oranının, ilk yıl (%33,2) ve ikinci yıl (%32,6) *Z. Mays* bitkisinde, en düşük yaprak oranının ise ilk yıl *S. Technicum*'da (%15,1) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Yaş bitki ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Bitki türlerinin bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi %1 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki ağırlığına 986,47 g adet¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Mısır bitkisinde ise

357,11 g/adet olmuştur. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük bitki ağırlığı S0 (293,31g) konusundan elde edilmiştir.

Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S1 (1.345,55 g) ve S2 (1.278,11 g) konuları en yüksek bitki ağırlığına ulaşılan konular olmuştur. En düşük bitki ağırlığı silajlık mısırdaki S0 (173,41 g) konusunda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 7. Yaş bitki ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu (g).

Table 7. Analysis of variance table for fresh plant weights (g).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fresh plant weights (g)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	357,11	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	986,47	A
	LSD (0,01)	126,625	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0013*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fresh plant weights (g)	
	S0	293,31	C
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S1	949,89	A
	S2	858,19	A
	S3	585,80	B
	LSD (0,01)	179,08	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount) x Bitki Türü (Crop Type)		<0,0117*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fesh plant weights (g)	
	S0-Mısır	173,41	E
	S0-Sorgum	413,21	CDE
	S1-Mısır	554,21	C
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S1-Sorgum	1.345,55	A
	S2-Mısır	438,27	CD
	S2-Sorgum	1.278,11	A
	S3-Mısır	262,55	DE
	S3-Sorgum	909	BC
	LSD (0,01)	253,250369	

Kuru bitki ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bitki türleri arasındaki kuru bitki ağırlıkları farkı, %1 anlam düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek bitki ağırlığına 258,22 g ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük bitki ağırlığı S0 (84,75 g) konusundan elde edilmiştir.

Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S1 (345,87 g) ve S2 (334,62 g) konuları en yüksek bitki ağırlığına ulaşılan konular

olmuştur. En düşük bitki ağırlığı silajlık mısırdaki S0 (48,98 g) konusunda ortaya çıkmıştır. Bilen (2018), sorgumda yaptığı araştırmada kuru madde oranının %18-20,15 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Şeker sorgumunun şeker oranları Çizelge 9’da verilmiştir. Elde edilen şeker oranlarında farklı sulama suyu uygulamaları arasında istatistiki anlamda fark bulunmamıştır. Teorik etanol verimleri Şekil 2’de gösterilmiş olup en yüksek etanol verimi 507,40 L da⁻¹ ile S3 konusundan, en düşük etanol verimi ise 225,75 L da⁻¹ ile kontrol konusundan (S0) elde edilmiştir.

Çizelge 8. Kuru bitki ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu (g).

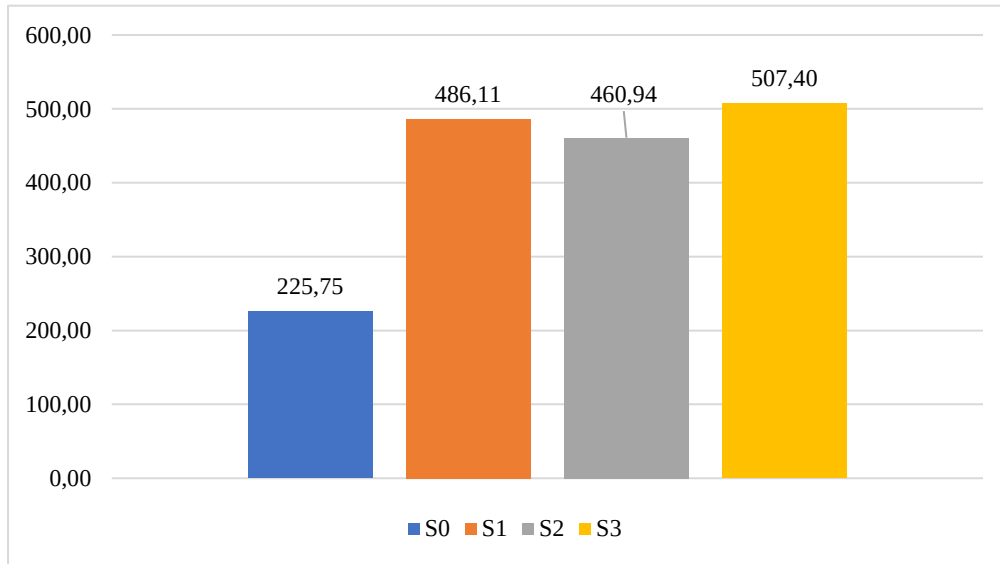
Table 8. Analysis of variance table for dry plant weights (g).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	88,29	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	258,22	A
	LSD (0,01)	32,477	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı(Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0	84,75	C
	S1	240,79	A
	S2	221,76	A
	S3	145,72	B
	LSD (0,01)	179,08	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount) x Bitki Türü (Crop Type)		<0,0124*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S1-Sorgum	345,87	A
	S0-Mısır	48,98	E
	S0-Sorgum	108,9	CDE
	S1-Mısır	135,71	C
	S2-Mısır	120,52	CD
	S2-Sorgum	334,62	A
	S3-Mısır	59,57	DE
	S3-Sorgum	231,87	B
	LSD (0,01)	64,960263	

Çizelge 9. Sorgum şeker oranları (%).

Table 9. Sorghum sugar content (%).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)	Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	0,6599
Tekerrür (Replication)	0,7119
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)	Şeker (%) Sugar content (%)
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0 10,96 S1 10,02 S2 9,26 S3 12,37 LSD (0,01) 5,36



Şekil 2. Şeker Sorgum Teorik etanol verimi grafiği (L da-1).

Figure 2. Theoretical ethanol yield graph of Sugar sorghum (L da-1).

Yücel ve ark. (2020), Adana koşullarında yürüttükleri araştırmada %15,50-20,00 arasında brix değeri ve 202-530 L da⁻¹ arasında teorik etanol verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aksoy ve ark. (2023) yürüttükleri çalışmada 21 farklı tatlı sorgum genotipini materyal olarak kullanmışlar ve teorik selülozik biyoetanol veriminin 183,7 ile 231,0 L ton⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Küçüksemerci ve Baytekin (2007), farklı sorgum çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarda, PHS 12-10 çeşidinin sıra veriminin 1.913,5 kg da⁻¹ olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. Dünder ve ark. (2019), çalışmalarında farklı sulama suyu düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkilerini araştırmışlar, şeker veriminin 612 ile 354 kg

da⁻¹, brix değerlerinin %15,3 ile 15,8, biyoetanol veriminin 326 ile 189 L da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yem kalite analiz sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Sorgum bitkisinde en yüksek kuru madde ve ME oranları S3 konusundan, en yüksek ham protein, ham kül, ADF oranları S0 konusundan, en yüksek ham selüloz ve nişasta oranları S2 konusundan, en yüksek NDF oranı S1 konusundan elde edilmiştir.

Mısır bitkisinde ise en yüksek kuru madde oranı S2 konusundan, en yüksek ham protein, ham selüloz, ham kül, ADF ve NDF oranları S0 konusundan, en yüksek ham yağ, nişasta ve ME oranları S1 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 10. Kalite analiz sonuçları.
Table 10. Quality analysis results.

Sorgum (Sugar Sorghum)									
Konu Treatment	KM (%)	HP (%)	HS(%)	HK(%)	HY(%)	Niştasta (Starch) (%)	ADF(%)	NDF(%)	ME MJ/kg
S0	92,30	7,70	23,90	8,12	0,00	1,89	34,50	54,50	2.266
S1	92,70	5,77	25,00	6,10	0,00	2,30	33,80	56,50	2.333
S2	91,50	7,04	25,10	6,15	0,00	3,38	30,90	52,90	2.284
S3	93,50	5,90	22,00	5,60	0,00	1,60	31,80	54,20	2.442
Mısır (Maize)									
Konu Treatment	KM(%)	HP(%)	HS(%)	HK(%)	HY(%)	Niştasta (Starch) (%)	ADF(%)	NDF(%)	ME MJ/kg
S0	89,90	9,24	33,80	7,60	0,30	20,06	39,80	65,50	1.997
S1	91,40	4,98	15,90	3,50	0,60	40,20	19,70	34,20	2.602
S2	91,50	6,06	18,90	5,25	0,50	29,10	29,50	44,20	2.473
S3	90,90	7,20	17,20	4,10	0,44	26,80	28,10	39,50	2.520

KM: Kuru madde (Dry matter), HP:Ham protein (Raw protein), HS: Ham selüloz (Raw cellulose), HK:Ham kül (Raw ash), HY:Ham yağ (Raw oil), ADF: Asit deterjan lif (Acid detergent fiber), NDF: Nötral deterjan lif (Neutral detergent fiber), ME: Metabolik enerji (Metabolic energy), Niştasta (Starch).

SONUÇ

Bu araştırmada, Kırklareli koşullarında kısıntılı sulamanın tatlı sorgum ve silajlık mısır bitkilerinin verim ve kalite parametrelerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sulama suyu uygulamalarının bitki verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini açıkça göstermiştir. Kırklareli koşullarında şeker sorgumu ve silajlık mısır bitkilerinin aynı koşullar altında yetiştirilmesi sonucu yeşil yem verimi, bitki boyu, bitki kuru ağırlığı ve bitki yaş ağırlığı ölçümleri sonucunda elde edilen sonuçlarda şeker sorgumu istatistiksel olarak silajlık mısıra oranla öne çıkmıştır. S1 ve S2 sulama uygulamaları ile tatlı sorgumda en yüksek yeşil yem verimi elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının daha etkin kullanılması için sulama planlarının, yerel iklim koşullarına ve toprak yapısına göre düzenlenmesi önemlidir.

Bu bulgular ışığında, Kırklareli gibi su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde çiftçilerin tatlı sorgum gibi yüksek su kullanım etkinliğine sahip bitkilere yönlendirilmesi önem arz etmektedir. Yerel iklim ve toprak koşulları dikkate alınarak sulama planlarının optimize edilmesi, sulama suyu tasarrufu açısından kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir. Araştırma, farklı iklim ve toprak koşullarında yinelenmeli ve bu doğrultuda elde edilecek veriler, bölgesel sulama yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamalıdır.

Benzer çalışmaların farklı iklim koşulları ve toprak yapılarında da yapılması önerilmektedir. Uzun vadeli veriler, sulama yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve yerel çiftçilere en iyi uygulamaların sunulması açısından kritik öneme sahiptir.

Kısıntılı sulama koşullarında elde edilen sonuçlar, su kaynaklarının korunmasının ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır. Kırklareli gibi su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, çiftçilerin sulama suyu yönetiminde daha bilinçli hale gelmesi için eğitim programları düzenlenmelidir. Çiftçilere, sulama sistemlerini modern teknolojilerle entegre etmeleri ve suyun daha etkin kullanılmasını sağlayacak yöntemler hakkında bilgi verilmelidir. Bu sistemlerin hem su tasarrufu hem de bitki verimliliğini artırma potansiyeli göz önünde bulundurularak yaygınlaştırılması, tarımsal sürdürülebilirlik açısından faydalı olacaktır.

Arazi yönetimi ve planlaması, sulama uygulamalarının etkinliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, yerel tarımsal üretim alanlarının su kaynakları, iklim koşulları ve toprak özellikleri doğrultusunda kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece, sulama ihtiyacı en iyi şekilde belirlenebilir ve uygulanan sulama seviyeleri, bitki türlerinin su tüketimiyle uyumlu hale getirilebilir.

Tarımda su kullanımının etkinliğini artırmak için devlet politikalarının geliştirilmesi ve uygulanması

büyük önem taşımaktadır. Su tasarrufu sağlayan tarım uygulamalarına yönelik teşviklerin artırılması, çiftçilerin bu yöntemleri benimsemelerini kolaylaştırabilir. Ayrıca, kısıntılı sulama koşullarında başarılı uygulamaları destekleyen programlar ve

hibeler ile çiftçilerin finansal yüklerinin hafifletilmesi sağlanmalıdır. Bu tür destekler hem ekonomik kalkınmayı hızlandıracak hem de tarımsal sürdürülebilirliği artıracaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Adıyaman, C., E. Erbil, A. Çelik, H. Hatipoğlu, M. Aksoy, M. Acar ve M. Dok. 2020. İkinci ürün tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]'un Şanlıurfa koşullarında bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10 (4): 3084-3094.
- Aksoy, M., A. Çelik, M. Dok, C. Yücel ve K. Aydın. 2023. Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin selülozik biyoetanol veriminin belirlenmesi. JOTAF 20 (1): 61-70.
- Akşit, C. 2020. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile uygulanan farklı sulama suyu miktarlarının silajlık mısır verimine etkisi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Ankara.
- Anonim. 2010. Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim. 2023. Bitkisel üretim verileri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Avcıoğlu, R., R. Hatipoğlu ve Y. Karadağ. 2009. Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Yembitkileri Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yem Bitkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. 3: 189-199. İzmir.
- Aydınşakir, K., D. Buyuktas, N. Dinç, C. Erdurmus, E. Bayram ve A.B. Yegin. 2021. Yield and bioethanol productivity of sorghum under surface and subsurface drip irrigation. Agric. Water Manag. 243: 106452.
- Benami, A. and M.H. Diskin. 1965. Design of sprinkling irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering, Publication. Technion Israel Institute of Technology. Haifa. 23:143.
- Bilen, Y. 2018. Banaz şartlarında ikinci ürün sorgum-sudan otu yetiştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi. SDÜ Zir. Fak. Fen Bil. Ens. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Isparta.
- Blake, G. R. 1965. Bulk Density in Methods of Soil Analysis. pp. 374-390. In C.A. Black. (Ed) Agronomy. No. 9. Part 1. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c30>
- Çakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- Dağdelen, N., F. Sezgin, T. Gürbüz, H. Akçay ve A. Ünay. 2010. Farklı sulama rejimleri altında silajlık mısırın su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. ADÜ Ziraat Derg. 7 (1): 55-64.
- Davis, J. G., and West, J. W. 2005. Nutrient management and water quality. Journal of Dairy Science. 88(E. Suppl.)E17-E24. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73190-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73190-0)
- Değirmenci, H. ve M. Keten. 2020. Kısıntılı Sulama Koşullarında İkinci Ürün Silajlık Sorgum ve Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkisi ve Light Bar Tekniği Kullanarak Fotosentetik Aktif Radyasyonla Kanopinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Kahramanmaraş.
- Djaman K., S. Irmak, W.R. Rathje, D.L. Martin and D.E. Eisenhauer. 2013. Maize evapotranspiration, yield production function, biomass, grain yield, harvest index, and yield response factors under full and limited irrigation. Transactions of the ASABE 56 (2): 273-293.
- Dündar, M. M. Ünlü ve C. Yücel. 2019. Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkileri. MKU. Tar. Bil. 24: 211-221.
- Dündar, M., C. Yücel, M. Ünlü ve C.A. Oluk. 2020. Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun biyokütle verimine ve yem kalitesine etkileri. Derim 37(1): 86-94.
- Enciso, J., J. Jifon, L. Ribera, S.D. Zapata and G.K. Ganjegunte. 2015. Yield, water use efficiency and economic analysis of energy sorghum in the South Texas. Biomass & Bioenergy 81: 339-344.
- Garofalo, P., A.V. Vonella, S. Ruggieri and M. Rinaldi. 2011. Water and radiation use efficiencies of irrigated biomass sorghum in a Mediterranean environment. Ital. J. Agron. 6 (2): 134-139.
- Geren, H. ve Y.T. Kavut. 2009. İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum Sp.*) türlerinin mısır (*Zea Mays L.*) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 46 (1): 9-16.
- Hao, B., Q. Xue, T. Marek, K.E. Jessup, J.D. Becker, X. Hou, W. Xu, E.D. Bynum, B.W. Bean, P.C. Colaizzi and T.A. Howell. 2018. Grain yield, evapotranspiration, and water-use efficiency of maize hybrids differing in drought tolerance. Irrig. Sci. 37 (1): 25-34.

- Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal* 93(2): 281–289. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.932281x>
- Kanber, R. 1997. Sulama sistemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174. Ders Kitapları Yayın No: 5. Adana.
- Kanber, R., ve Y. Güngör. 1986. Sulama suyu miktarının belirlenmesi ve ölçülmesi). T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Kara, S. ve M. Şahin. 2021. Water-yield relations of drip irrigated maize in arid and semi-arid regions. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 31(1): 9-20. <https://doi.org/10.18615/anadolu.949833>
- Karam, F., R. Kabalan, J. Breidy, Y. Roupahel, and T. Oweis. 2003. Yield and water-production functions of two maize hybrids in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural Water Management* 62(2): 93–102. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00173-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00173-3)
- Kutlu HR., 2008. Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. Ders Notu. Adana. 63 s.
- Küçüksemerci, O. ve H. Baytekin. 2017. Çanakkale koşullarında yetiştirilen şeker sorgumda ekim sıklığının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 4 (1): 95-100.
- Miller, A.N. and M.J. Ottman. 2010. Irrigation frequency effects on growth and ethanol yield in Sugar sorghum. *Agronomy Journal* 102 (1): 60-70.
- Moray, S. ve A. İstanbulluoğlu. 2022. Tekirdağ koşullarında sorgum-sudan otu melezi (*Sorghum bicolor-Sorghum sudanense*) su verim ilişkileri. *JOTAF* 19 (1): 166-176.
- Naescu, V. and C. Nita. 1991. Influence of irrigation on forage crops under the conditions of Fundulea. *Probleme de Agrofitehnie Teoretica Si Aplicata* 13: 141-146.
- NeSmith, D. S., and J. T. Ritchie. 1992. Effects of soil water deficits during tassel emergence on development and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research* 28(3): 251–256. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(92\)90044-B](https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90044-B)
- Oluk, A., H. Yücel, İ. İnal, F. Bilgin, E. Yazgan ve U. Serbester. 2022. Tatlı sorgumda (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi ile yem kalitesinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 25 (2): 415-422.
- Pandey, R. K., J. W. Maranville, and A. Admou. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management* 46(1): 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00073-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00073-1)
- Payam, M. and A. Yousef. 2005. Study of plant density and irrigation intervals on forage yield and some physiological traits in forage sorghum. *Iranian Journal of Crop Sciences* 6 (4): 374-382.
- Ramos, T.B., J. Simunek, M.C. Gonçalves, J.C. Martins, A.O. Prazeres and L.S. Pereira. 2012. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from Sugar sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. *Agric. Water Manag.* 111: 87-104.
- Sezgin, E. N. ve F. Alatürk. 2023. Bazı şeker sorgum çeşitlerinde farklı biçim uygulamalarının ot verimi ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Acta Natura et Scientia* 4 (2): 194-215.
- Shenkut, A., K. Tesfaye and F. Abegaz. 2013. Determination of water requirement and crop coefficient for sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) at Melkassa, Ethiopia. *Sci. Technol. Arts Res. J.* 12(3): 16-24.
- Turgut, I., T. Akdemir ve T. Sağlamtimur. 2005. Effect of plant populations and nitrogen doses on fresh ear yield and kernel protein content of Sugar corn (*Zea mays saccharata* Sturt). *Plant Soil and Environment* 51(3): 114–121. <https://doi.org/10.17221/3548-PSE>
- Urrea, R.L., L.M. Molina, F. De La Cruz, A. Montoro, J.G. Piqueras, M. Odi-Lara and J.M. Sánchez. 2016. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated biomass sorghum for energy production. *Irrig. Sci.* 34 (4): 287–296.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Yücel, D., C. Yücel, H.A. Karaağaç, B. Çakır ve R. Hatipoğlu. 2020. Adana koşullarında tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol potansiyelinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural ve Medical Sciences* 7 (9): 239-246.
- Zhang, H., T. Y. Oweis, S. Garabet, and M. Pala. 1998. Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. *Plant and Soil* 201(2):295–305. <https://doi.org/10.1023/A:1004328004860>

Nutritional Composition, Phytochemical Constituents and Cytotoxicity of *Dipcadi glaucum* (Burch. ex Ker Gawl.) Baker

Christopher CHAPANO^{1*}  Chakare BENHURA²  Shakkie KATIVU³ 
Clemence ZIMUDZI⁴  Charlotte Sletten BJORA⁵  Brita STEDJE⁶ 

¹National Herbarium and Botanic Garden, Research Services Department, Ministry of Lands, Agriculture, Fisheries, Water and Rural Development/ ZIMBABWE

²University of Zimbabwe, Faculty of Science, Nutrition Dietetics and Food Sciences/ ZIMBABWE

^{3,4}University of Zimbabwe, Faculty of Science, Biological Sciences and Ecology/ ZIMBABWE

^{5,6}Natural History Museum; University of Oslo; Integrative Systematics of Plants and Fungi, P.O. Box 1172, N-0316 Blindern, Oslo/NORWAY

¹<https://orcid.org/0000-0002-1932-5505>

²<https://orcid.org/0000-0001-6955-7788>

³<https://orcid.org/0000-0001-7913-2804>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-3173-8457>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-5750-0127>

⁶<https://orcid.org/0000-0003-3892-6784>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): chapanoc@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 30.10.2024

Accepted (Kabul tarihi): 16.04.2025

ABSTRACT: This study aimed at evaluating the phytochemical, nutritional and cytotoxicity of *Dipcadi glaucum*, a wild edible species in Zimbabwe. The results of the proximate analysis show that *D. glaucum* is rich in nutrients, with high levels of crude protein (26.6% in leaves and 24% in bulbs) and ash (26.25% in leaves and 14% in bulbs), alongside moderate carbohydrate levels (35.55% in leaves and 43% in bulbs) and calorific values (295.6 kcal/100 g in leaves and 310.9 kcal/100 g in bulbs). The phytochemical analysis established presence of alkaloids, tannins, flavonoids, terpenoids, saponins, and steroids, suggesting potential health benefits and culinary applications. Cytotoxicity was assessed using the brine shrimp lethality assay, showing an LC₅₀ of 2.72 mg/ml for methanol bulb extracts and 1949.85 mg/ml for aqueous extracts. While both extracts were non-toxic based on assay thresholds, reports of potential toxicity to ruminants and the presence of alkaloids at higher concentrations warrant further research. Findings of this study suggest that *D. glaucum* is an important nutritional and mineral supplement, though additional research is needed to confirm its safety and suitability for human consumption.

Keywords: Asparagaceae, *Dipcadi glaucum*, phytochemicals, toxicity.

INTRODUCTION

Dipcadi glaucum (Burch. ex Ker Gawl.) Baker belongs to the plant family Asparagaceae (Manning, 2022; Martínez-Azorín *et al.*, 2023; Stedje and Kativu, 2023). It is native to southern and central African countries including Angola, Namibia, Botswana, Zambia, South Africa and Zimbabwe. It is a robust species, with broad leaves which appear bluish-green (glaucous) in colour (Figure 1). Its flowers typically possess long pedicels arranged spirally on the peduncle. The species can grow up to 120 cm tall, emerging from a brown bulb approximately 3-6 cm in diameter (Stedje and Kativu, 2023). It inhabits wet, sandy, or clay soils, often

around pans, in grassy depressions, and along roadsides, particularly in areas without shade trees.

The bulbs and leaves of *D. glaucum* are reported to be edible (Al-Najjar, 2020; Welcome and Van Wyk, 2019; Peters *et al.*, 1992, Fox and Young, 1982). The young leaves are commonly eaten fresh or can be combined with other foods, such as the corms of *Eulophia speciosa*, and cooked (Leffers, 2003). However, this species has also been documented to be toxic to cattle, goats and sheep (Watt and Breyer-Brandwijk, 1962; Obermeyer, 1964; Leffers, 2003; Botha and Penrith, 2008; Vogel *et al.*, 2023).



Figure 1. Image of *Dipcadi glaucum* in fruit.

In South Africa, the plant is known locally as *malkopui*, an Afrikaans name that translates to “mad-head-onion.” (Vogel *et al.*, 2023). While several studies report toxicity, the specific toxin and its mechanism of action remain unknown. Cardiac-glycosides which are typically responsible for such toxic effects, have not been detected in this species (Botha and Penrith, 2008). Toxicity may also be variable and may depend on growth stage and habitat conditions. According to Botha and Penrith (2008) consumption of this species by ruminants induces disorientation and eventually posterior paresis in cattle, starting with knuckling over of the fetlocks, causing them to stumble. Sheep are more frequently poisoned than cattle, and, in addition often develop severe diarrhoea and fever, and pregnant ewes may abort.

A plant’s biological activity is determined by its phytochemical constituents. Phytochemicals are a diverse group of bioactive compounds synthesized by plants, primarily as part of their secondary metabolism (Kaushik *et al.*, 2021). These compounds, which include flavonoids, alkaloids, terpenoids, phenolics, and glycosides, play a crucial role in plant defense mechanisms as well as in the colors, flavors, and scents of various plant foods. One notable aspect of phytochemicals is their cytotoxicity, which plants use to inhibit the growth or survival of other organisms (Indhumathy, 2023). The cytotoxic nature of certain phytochemicals, while beneficial in small doses, can pose risks when consumed in excess or without proper preparation (Okaiyeto and Oguntibeju, 2021). This

duality underscores the need for a deeper understanding of their mechanisms of action, optimal consumption levels, and potential toxicity. Phytochemicals have profound implications for human nutrition and health. Many wild food plants, which are often overlooked in modern diets, are rich sources of phytochemicals (Zhang *et al.*, 2023). These plants have been consumed for generations in traditional diets, valued not only for their nutritional content but also for their health-promoting properties. Studying phytochemicals in wild foods is vital for preserving traditional knowledge, promoting dietary diversity, and uncovering novel bioactive compounds that could serve as the foundation for future therapeutics and functional foods (Zhang *et al.*, 2023).

Absence of comprehensive scientific data on the nutritional content and toxicity of *Dipcadi* species limits their utilisation, yet such information is of paramount importance for promoting dietary diversity and addressing hunger (Stadlmayr *et al.*, 2011; Aydin *et al.*, 2016). Relatively few studies have examined the nutrient composition and toxicity of *Dipcadi* species. The present study therefore aimed at establishing nutritional composition, phytochemical constituents and cytotoxicity of leaves and bulbs of *D. glaucum*, a rarely used wild edible plant species in Zimbabwe.

MATERIALS AND METHODS

Sample collection and sample preparation

Dipcadi glaucum fresh leaves and bulbs were collected from Chiredzi, Beitbridge, Bulawayo and Victoria Falls in Zimbabwe. The plant's identity was confirmed by a plant taxonomist at the National Herbarium and Botanic Gardens (SRGH), where voucher specimens were deposited. The leaves and bulbs were carefully washed with distilled water to eliminate any dirt, then dried in an oven at 65 °C until they attained a constant weight. Dried leaves and bulbs were finely powdered using a grinder. The samples were later stored in airtight containers prior to analysis. Sample material was subsequently analysed for proximate, mineral content, phytochemical composition and cytotoxicity.

Proximate analysis

The proximate analysis followed the guidelines by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). The following were analysed: moisture content of the dried sample, crude fibre, crude fat, crude protein and ash content; additionally, the available carbohydrates and energy value were calculated.

The moisture content was determined using the oven-drying method (AOAC, 2000). Two grams each of the ground leaf and bulb samples were transferred to a pre-weighed beaker. The samples were dried at a temperature of 105 ± 5 °C in an oven for approximately 2 hours and cooled in a desiccator. Once cooled, the beakers were weighed to obtain the dry weight of the samples. Drying, cooling and weighing of samples were repeated until constant weight was obtained. The moisture content was calculated using the formula:

$$\text{Moisture (\%)} = \{(W1-W2)/W1\} \times 100$$

Where W1 is weight of original sample, W2 weight of dried sample.

Crude fibre content was determined following the method by Boussama *et al.* (1999). Approximately 1 g of the ground sample was weighed into beaker. To this, 1.25 % sulphuric acid was slowly added to make a total volume of 150 ml. The mixture was then boiled for approximately 30 minutes and subsequently filtered using a vacuum pump to remove the sulphuric acid. The residue was washed three times with 30 ml

hot deionized water. Next the residue was washed with 150 ml of preheated 1.25% potassium hydroxide (KOH) and filtered through a porcelain filter. The filtered sample was dried at 105 °C until a constant weight was achieved. After drying, the sample was pre-ashed and then ashed at 550°C in a muffle furnace. The crude fibre was calculated as percent loss in weight on ashing.

The crude fat content was determined following Association of Official Analytical Chemists (AOAC) method (AOAC, 2000). For this, 3 g of the sample was extracted with petroleum ether using Soxhlet apparatus for about 6 hr. The extracted fat was dried in a rotary evaporator and then weighed.

Crude protein was determined using the Kjeldahl method (Chang, 1998). One (1) g each of the leaf and bulb sample was digested in 20 ml concentrated sulphuric acid and Kjeldhal catalyst. The nitrogen content was converted to protein by multiplying by a factor of 6.25 (AOAC, 2000).

The ash content was determined by weighing out 8 grams of powdered, dried sample into a porcelain crucible. The sample was then ashed for 6 hours at 550 °C in a muffle furnace. The resulting ash was cooled in a desiccator and reweighed. The percentage ash content in the sample was calculated using the formula:

$$\text{Ash (\%)} = (\text{Weight of ash} / \text{Weight of sample taken}) \times 100$$

The percentage of carbohydrates in the sample (Nitrogen Free Extract or NFE) was obtained by subtracting from 100 the total values of the sample's ash, moisture, crude fat, crude protein and crude fibre.

The sample's caloric value was calculated using the carbohydrate, fat and protein contents. The sum of protein and carbohydrates (NFE) was multiplied by 4.3, and separately, the crude fat content was multiplied by 9.1. The resulting sum represents the kilocalories (Kcal) per 100 grams of the sample (Shad *et al.*, 2013).

Mineral analysis

Calcium and phosphorus were determined using an atomic absorption spectrophotometer (AAS-Perkin Elmer, Model Analyst 800, USA). The samples were prepared and analysed as follows: 10 g of sample was

weighed. The sample was digested using wet ashing method. A mixture of concentrated nitric acid (HNO_3) was added to the sample in a digestion flask and then heated until the organic matter was completely oxidized when the solution turned clear. After digestion, the solution was cooled and then diluted to the 100 ml mark with distilled water. Working standards for calcium and phosphorus were prepared by serial dilution from a 1000 ppm stock solution of each element. Standard solutions were prepared at various concentrations (0, 1, 5, 10, 20 ppm for calibration). The atomic absorption spectrophotometer (AAS) was calibrated using the prepared working standards. The specific wavelengths for calcium (422.7 nm) and phosphorus (approximately 460 nm) were set according to the manufacturer's guidelines. The diluted sample solutions were aspirated into the AAS. The absorbance of each sample was measured and recorded. The concentrations of calcium and phosphorus in the samples were calculated by comparing their absorbance values to the calibration curve derived from the working standards.

Qualitative Analysis of Phytochemical Constituents

Crude extraction

Phytochemical extraction was carried out at room temperature following the cold maceration extraction method (Tiwari *et al.*, 2011). Two solvents, water and analytical grade methanol were used to extract the phytochemicals. The ground leaf and bulb samples were individually added to the solvents at a ratio of 1:10 (w/v) with 100 g of dried leaf and bulb samples each added to 1 litre of solvent. The mixture was gently mixed and left for 48 hours with constant agitation using a shaker. The resulting extracts were filtered using Whatman No.1 filter paper in a Buchner vacuum filter. Using a rotary evaporator, the filtrate was concentrated to a powder at 50 °C, and refrigerated at 4 °C.

Phytochemical screening

Phytochemical screening was conducted using standard qualitative methods (Tiwari *et al.*, 2011). The following tests were carried out on the bulb and leaf extracts:

- a) Determination of terpenoids. The presence of terpenoids was tested using the Salkowski test. To 3 ml of the extract, 1 ml of chloroform, followed by a few drops of concentrated sulphuric acid were carefully added along the sides of the test tubes. The formation of a reddish brown precipitate indicated the presence of terpenoids.
- b) Determination of flavonoids. To 3 ml of extract, 1 ml of 10% ammonia and 1 ml of concentrated sulphuric acid were added. The disappearance of the yellow colour indicated the presence of flavonoids.
- c) Determination of saponins (Froth Test): To 3ml of extract in a test tube, 2 ml of distilled water was added. The mixture was vigorously shaken followed by addition of a few drops of olive oil. The formation of a stable foam was taken as an indication for the presence of saponins.
- d) Determination of tannin (Ferric Chloride Test). A few drops of 10% ferric chloride were added to 3 ml of extract. The formation of a blue or green precipitate indicated the presence of tannins
- e) Determination of alkaloids (Mayer's Test). A few drops of Mayer's reagent were added to 1 mL of extract. A yellowish or white precipitate was formed, indicating the presence of alkaloids.
- f) Determination of steroid (Liebermann Burchard Reaction). To 3 ml of the extract, 1 ml of chloroform was added followed by a few drops of concentrated sulphuric acid along the sides of the test tubes. The formation of a reddish brown precipitate at the bottom of the test tubes indicated the presence of steroids.

The brine shrimp lethality assay

The brine shrimp lethality assay (Meyer *et al.*, 1982) was used to evaluate the cytotoxicity of *Dipcadi* leaves and bulbs. Artificial sea water was prepared by dissolving 12 grams of sodium chloride in one litre of distilled water and slowly adding 40% sodium hydroxide until the pH was 8.5. Two grams of brine shrimp (*Artemia saligna*) eggs were then added to 1 litre of the saline water in a beaker. The eggs were exposed to bright light for 24 hours with continuous aeration using an aquarium pump, during which time they developed and hatched into nauplii.

Dimethyl sulfoxide (DMSO) was used to prepare extract concentrations of 0.01 mg/ml, 1 mg/ml, and 100 mg/ml, respectively. Using pipettes, ten brine shrimp nauplii were selected and transferred to sample

vials. The volume was then adjusted to 5 ml using saline water. A drop of yeast cell suspension was introduced as feed for the growing shrimps. These tests were run in triplicate. The positive and negative controls were potassium dichromate (5 mg/ml) and 1% DMSO and saline water, respectively. The vials were kept under light conditions for 24 hours after which the surviving shrimp were counted using a magnifying lens. The mean mortality at each dose level of the extract was then calculated.

Data analysis

Data were compiled in Microsoft Excel 2016. The lethal concentrations of brine shrimp that resulted in 50% death (LD50) were determined using Probit analysis (Pum, 2019).

RESULTS AND DISCUSSION

Proximate analysis

The proximate analysis of *Dipcadi glaucum* (Table 1) revealed significant nutritional insights when compared to staple foods, common vegetables and other wild vegetables. *D. glaucum* was found to contain lower carbohydrate levels, with 35.55% in leaves and 43% in bulbs, compared to major Zimbabwean staple foods. These staples include *Zea mays* (maize, 72.8-75.39%), *Oryza sativa* (white rice,

75.61-80.6%), *Sorghum bicolor* (sorghum, 73.4-75.86%), *Pennisetum glaucum* (millet, 71.4-75.39%), and *Eleusine coracana* (rapoko, 75.7%) as reported by Chitsiku (1989) and Abdulrahman and Omoniyi (2016). The carbohydrate levels in *D. glaucum* were also lower than those reported for common vegetables such as cabbage (56.18%), onion (49.81), coriander (49.65) and spinach (44.58) as documented by Khan *et al.* (2013). Similarly, *D. glaucum* contained lower carbohydrate levels compared to certain wild vegetables commonly consumed in Zimbabwe, including *Amaranthus hybridus* (52.18%) and *Cleome gynandra* (37.06%) as reported by Akubugwo *et al.* (2007) and Kayitesi and Moyo (2022), respectively. However, it exhibited higher carbohydrate levels than *Tagetes minuta* (14.09%) as reported by Opondo *et al.* (2023) and *Corchorus olitorius* (19.56%) as noted by Idirs *et al.* (2020). The proximate analysis of *D. glaucum* highlights its lower carbohydrate content relative to both staple foods and common vegetables, suggesting its potential as a low-carbohydrate dietary option. While it contains fewer carbohydrates than most traditional crops, it still holds some advantages over certain wild vegetables with even lower carbohydrate content, making it a versatile addition to the diet.

Table 1. Proximate analysis of dry weight material of *Dipcadi glaucum* leaves and tubers.

Description	Leaves	Bulbs
Crude Fibre (%)	2.60	5.00
Ether Extract (Crude fat) (%)	5.00	2.50
Calcium(%)	8.52	5.01
Crude Protein (%)	22.60	24.00
Phosphorus (%)	1.63	0.73
Moisture (%)	8.00	11.50
Ash (%)	26.25	14.00
Carbohydrates (%)	35.55	43.00
Energy (K Calories/100g)	295.55	310.85

The crude protein content of *D. glaucum* was notably high with 26.6% in the leaves and 24% in the bulb. This is significantly higher than those of common Zimbabwean staple foods such as maize (8.58-9.5%), white rice (6.8-10.49%), sorghum (10.13-10.7%), and millet (11.03-12.4%), as reported by Chitsiku (1989) and Abdulrahman and Omoniyi (2016). When compared to common vegetables, *D. glaucum* also exhibits higher crude protein content surpassing coriander (18.36%), spinach (17.29%), cabbage (9.59%) and onion (5.01%) as documented by Khan *et*

al. (2013). Furthermore, among wild vegetables, *D. glaucum* had higher protein content than *Cleome gynandra* (7.33%), *Amaranthus hybridus* (17.92%) (Akubugwo *et al.*, 2007), *Tagetes minuta* (12%) (Opondo *et al.*, 2023) and *Corchorus olitorius* (12.54%) (Idirs *et al.*, 2020). The high crude protein levels in *D. glaucum* make it a promising candidate for addressing food security challenges, especially in regions where access to traditional protein-rich foods is limited.

The crude fat content in *D. glaucum* was 5.0% in leaves and 2.5% in bulbs. This crude fat content is comparably higher than the figures reported by Chitsiku (1989) and Abdulrahman and Omoniyi (2016). for staples such as maize (2.85-3.7%), millet (2.56-4.9%), and sorghum (2.70-3.2%) indicating that it can be a supplementary source of fat. When compared to other common staple foods, *D. glaucum* has much higher fat content compared to white rice (0.6%) When comparing *D. glaucum* with common vegetables, the fat content is significantly higher. For example cabbage and onion have almost negligible fat content of 0.1%, spinach has 0.39% with approximately 05.% fat in coriander (Opazo-Navarrete *et al.*, 2021). Among wild vegetables, *D. glaucum* has a fat content that is higher than that of species like *Amaranthus hybridus* (4.65%) and *Cleome gynandra* (2.56%) (Akubugwo *et al.*, 2007), but lower than *Tagetes minuta* (28.17%) and *Corchorus olitorius* (11.99%), (Opondo *et al.*, 2023; Idirs *et al.*, 2020). The fat content of *T. minuta* appears unusually high and its accuracy has been questioned in a number of studies (Opondo *et al.*, 2023). The crude fat content of *D. glaucum* is higher than many common staples and vegetables, suggesting it could play a role in supplementing dietary fat intake. Although its fat content is lower than some wild vegetables like *T. minuta*, it still offers a relatively rich fat source, making it a valuable addition to a balanced diet.

The calorific values of *D. glaucum* are 295.6 kcal/100 g in the leaves and 310.9 kcal/100 g in the bulbs. These values place *D. glaucum* between vegetables like cabbage (281.23 kcal/100g) and common staple foods like rice (357.4 kcal/100 g) (Chitsiku, 1989) indicating that *D. glaucum* may serve as a moderately high energy source. *D. glaucum* energy values are additionally higher than those of common wild vegetables like *Amaranthus hybridus* (268.92 kcal/100g), *Cleome gynandra* (152.88 kcal/100g) and *Corchorus olitorius* (200.78 kcal/100g).

The ash values obtained for *D. glaucum* are significantly higher, with 26.25% in leaves and 14.0% in bulbs, compared to common staple foods ranging from 0.81-1.16% in maize to 1.67% in millet (Abdulrahman and Omoniyi 2016). The high ash content in *D. glaucum* suggests that it is valuable source of nutrients. Ash content provides a general

indication of the mineral richness of food and this normally impacts the taste, texture and stability of the food. In the present study, high contents of calcium (8.52% in leaves and 5.01% in bulbs) and phosphorus (1.63% in leaves and 0.73% in bulbs) were observed, which are much higher than those found in common staple foods ranging from 0.1% in rice to 0.55% in millet (Chitsiku, 1989). These elevated mineral levels in *D. glaucum* highlight its potential as an excellent dietary source of calcium and phosphorus. Ash content in the wild vegetables is lower than that of *D. glaucum* ranging from 5.85 in *Cleome gynandra* to 13.80 in *Amaranthus hybridus* (Akubugwo *et al.*, 2007; Opondo *et al.*, 2023; Idirs *et al.*, 2020). Wild vegetables are well known for their diverse mineral profiles and *D. glaucum* out-performs most in terms of ash and mineral content.

The crude fibre values for *D. glaucum* were 2.6% in leaves and 5.0% in bulbs. These values fall within the range of those of common staple foods, which range from 3.19% in millet to 10% in rapoko (Chitsiku, 1989). This suggests that *D. glaucum* is relatively low in crude fiber compared to some staple foods, particularly those with higher fiber content like rapoko. However, the values obtained for *D. glaucum* are lower than those obtained for vegetable such as onion (19.53%), cabbage (10.36%), spinach (24.08%) and coriander (23.30%). This could imply that *D. glaucum* is less fibrous and could be easier to digest compared to these vegetables. Wild vegetables such as *Amaranthus hybridus*, *Cleome gynandra* and *Corchorus olitorius* have crude fibre values ranging from 7.58 to 8.61%. Dhingra *et al.* (2012) reported that the values of crude fibre show the amount of indigestible plant material in a food, primarily the compounds cellulose, hemicellulose and lignin. Such material provides several health benefits such as improved digestion and reduced risk of chronic diseases like diabetes.

Phytochemical Screening

D. glaucum is rich in a variety of phytochemicals that offer both health benefits and sensory contributions to food. Table 2 indicates the presence of alkaloids, tannins, flavonoids, and terpenoids in both leaves and bulb extracts. Steroids and saponins only tested positive in the bulb and leaves, respectively. The phytochemical compounds observed are similar to

those found in other *Dipcadi* species, such as *Dipcadi serotinum* (L.) Medic. (Adly *et al.*, 2015) and *Dipcadi erythraeum* Webb & Berthel. (Al-Najjar, 2020). The flavonoids and tannins observed in *D. glaucum* are known antioxidants (Suffredini *et al.*, 2004). Antioxidants protect cells from damage by free radicals that form during oxidative processes in metabolism (Altemimi *et al.*, 2017).

Table 2. Phytochemical assay results of data of *Dipcadi glaucum* crude aqueous extracts.

Phytochemical	Bulb Water	Leaf Water
Saponins	-	+
Alkaloids	+	+
Tannins	+	+
Flavonoids	+	+
Steroids	+	-
Terpenoids	+	+

Flavonoids help give vibrant colours to many fruits, vegetables, and flowers, enhancing their visual appeal. Additionally, they influence the flavour of foods, impacting sweetness, bitterness, and other taste profiles. Alkaloids are a large and diverse group of phytochemicals that are commonly associated with toxicity and medicinal properties of plants (Cushnie *et al.*, 2014). When present in high concentrations exceeding 20 mg per 100 g, they have been found to be harmful causing neurological disorders and gastrointestinal issues in humans (Chidzwondo *et al.*, 2023). Alkaloids often impart a bitter taste to foods, which can influence their sensory appeal and help deter pests. Steroids lower blood cholesterol levels (Li *et al.*, 2022) and are also reported to have anti-tumor, immuno-suppressive, hepatoprotective, anti-bacterial, sex hormone, anti-helminthic, cytotoxic and cardiogenic activity (Yadav and Agarwala, 2011). Saponins contribute to stability and texture in food and also offer health benefits by lowering cholesterol levels and having antioxidant and anti-inflammatory activities (Cushnie *et al.*, 2014). Lastly, terpenoids are responsible for taste and aroma in food substances (Masyita *et al.*, 2022). Their presence additionally offers the following health benefits to humans: anti-inflammatory, anti-oxidant, anti-microbial, anti-hyperglycemic, anti-fungal and antiviral properties (Fan *et al.*, 2023).

Brine shrimp lethality assay

The Brine shrimp lethality test is a fast, easy and cheap method used to assess cytotoxicity in plants. In the present study, mortality was 100% in the potassium dichromate standard positive control and 2% in the DMSO and saline water negative controls. Accordingly, the mean mortalities shown in Table 4 have been reduced by 2% to adjust for background mortality observed in the negative controls. The assay showed that the mortality of the brine shrimp increased with higher concentrations of the extract. Toxicity was also observed to be higher in the methanol extracts when compared to the aqueous extracts. This result is consistent with findings from similar studies (Turkmen *et al.*, 2006). The quantity and composition of phytochemicals in the extract depends on the solvent used. Methanol is less polar than water and therefore dissolves a broader range of phytochemicals including both polar and non-polar compounds. In contrast the more polar water exclusively dissolves polar compounds (Altemimi *et al.*, 2017).

Results from the regression analysis of the brine shrimp mortality rates showed that the lethal concentration required to kill 50% shrimps (LC50 values) were least in the methanol bulb extract (2.72 mg/ml) and highest in the aqueous bulb extract (1949.85 mg/ml). According to the standard brine shrimp lethality bioassay criteria, an LC50 value less than 1000 µg/ml (or 1 mg/ml) is considered bioactive in toxicity evaluation of plant extracts (Meyer *et al.*, 1982). Given that the LC50 values for both extracts of *D. glaucum* are significantly higher (Table 3) than this threshold (2.72 mg/ml for methanol and 1949.85 mg/ml for aqueous), the results indicate that *D. glaucum* appears to be non-toxic based on this assay using the brine shrimp. The brine shrimp assay is a simple, inexpensive screening test for cytotoxic or pharmacologically active constituents, but it is unable to detect compounds requiring metabolic activation in animals or humans. Allison (1978) gave an example of *Amaranthus* species that are known to contain nitrate, which is relatively non-toxic, but its conversion to nitrite by micro-organisms in the rumen results in toxicity to animals.

Table 3. Mean mortality of *Artemia saligna* nauplii at different concentrations of four *Dipcadi glaucum* extracts and their LC₅₀.

Sample	Percent mean mortality (%) with standard deviation (SD)						LC ₅₀ (mg/ml)	
	100mg/ml	SD	1mg/ml	SD	0.01mg/ml	SD		SD
Leaf water extract	35	1	20	2	0	0	64.34	1.6
Leaf methanol extract	60	2	30	3.5	20	1	22.80	0.8
Bulb aqueous extract	5	2	0	0	0	0	1949.85	7.7
Bulb methanol extract	60	3	55	1.5	25	3	2.72	0.6

While *D. glaucum* appears to be non-toxic using the brine shrimp assay, further research is required to assess its safety in other species including humans and at higher concentrations. Advanced cytotoxicity models, such as mammalian cell cultures or in vivo systems, are recommended to confirm these findings. Recent reports from South Africa indicate possible toxicity to ruminants (Vogel *et al.*, 2023), showing that toxicity may differ across species and environments. Moreover, the presence of the various phytochemicals identified in the present study such as alkaloids, saponins, tannins, and terpenoids in *D. glaucum*, may be cytotoxic at higher concentrations.

CONCLUSIONS

The results from this study show that *Dipcadi glaucum* leaves and bulbs contain a variety of nutrients, minerals, and phytochemicals that are of benefit to human health. However, further research is needed to assess its safety for human consumption, especially concerning its phytochemical composition and potential toxicity across different species. Proximate analysis results show that some of the nutrients are present in quantities comparable to the

common staple foods. The protein content of the plant is higher than in the common staple foods and this is an important result showing a huge potential of this plant in supplying an often limited nutrient to diets especially in poor rural communities. The high ash content indicates the presence of a variety of mineral elements, highlighting the plant's potential as a valuable dietary source of these essential nutrients. The cytotoxicity studies show that the *D. glaucum* leaves and bulbs are non-toxic using the brine shrimp assay. However, reports from South Africa suggesting possible toxicity warrant further studies to determine if the toxicity of *D. glaucum* could vary according to habitat conditions or other factors.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded through the NORPART (2016/10013) project, Mr F. Manjengwa, Biological Sciences and Ecology Microbiology Laboratory at the University of Zimbabwe, assisted with sample analysis. Mrs S. Mutandwa at the Fertilizer, Farm Feeds Remedies Research Institute provided access to her laboratory. The National Herbarium and Botanic Garden provided transport for field collection trips.

REFERENCES

- Abdulrahman WF, and AO. Omoniyi. 2016. Proximate analysis and mineral compositions of different cereals available in Gwagwalada market, F.C.T, Abuja, Nigeria. *Journal of Advances in Food Science & Technology* 3(2):50-55.
- Adly, F, M. Moussaid, C. Berhal, A. Razik, A. A. Elamrani, H. Moussaid, Bourhim N., Loutfi M. 2015. Phytochemical Screening and Biological Study of Ethanol Extractives of *Dipcadi serotinum* (L.) MEDIK. *European Journal of Advanced Research in Biological and Life Sciences*. 3 (3):17.
- Akubugwo I.E., N.A. Obasi, G.C. Chinyere, A.E. Ugbogu. 2007. Nutritional and Chemical Value of *Amaranthus hybridus* L. Leaves from Afikpo, Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 6:2833–2839. doi: 10.5897/AJB2007.000-2452
- Allison, M. J. 1978. The role of ruminal microbes in the metabolism of toxic constituents from plants. pp. 101-118. In: R. F. Keeler, K. R. Van Kampen, and L. F. James (Eds.) *Effects of Poisonous Plants on Livestock*. Academic Press, New York. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-403250-7.50017-0>
- Al-Najjar, H. A. 2020. Phytochemical Investigation of *Dipcadi ervthraeum*, *Medical Journal of Cairo University* 88(2):761-764. Available at: <http://www.medicaljournalofcairouniversity.net>
- Altemimi, A., N. Lakhssassi, A. Baharlouei, D. G. Watson, and D. A. Lightfoot. 2017. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. *Plants (Basel)* 6 (4):42. doi: 10.3390/plants6040042
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th ed. AOAC Washington D.C, USA.

- Aydin, A., G. Aktay, and E. Yesulada. 2016. A Guidance Manual for the Toxicity Assessment of Traditional Herbal Medicines. *Nat. Prod. Commun.* 11 (11):1776-1773.
- Botha, C. J., and M. L. Penrith. 2008. Poisonous plants of veterinary and human importance in southern Africa. *J. Ethnopharmacol.* 119 (3): 549-558. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.022>
- Boussama, N., O. Ouariti, A. Suzuki, and M.H. Ghorbal. 1999. Cd-stress on nitrogen assimilation. *J. Plant Physiol.* 155: 310-317.
- Chang, S. K. C. 1998. Protein Analysis. pp. 237–250. In: S. Nielsen (Ed.). *Food Analysis*. Gaithersburg. Aspen Publishers.
- Chidzwondo, M., F. Nyanga, L. K. Zvidzai, C. J. Mushipe, S. Muzaka, and C. Chidewe. 2023. Effects of Processing Methods on Antinutrient Composition of Seeds from A Wild Legume *Bauhinia petersiana* Sigauke. *Asian J.Sci.Technol.* 4 (4): 012-016
- Chitsiku, I. E. 1989. Nutritive Value of Foods of Zimbabwe. *Zambezia XVI* (i): 67-89
- Cushnie, T. T., B. Cushnie, A. J. Lamb. 2014. Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *Int. J. Antimicrob. Agents.* 44: 377-386. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001.
- Dhingra, D. M. Michael, H. Rajput, and R. T. Patil. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *J. Food Sci. Technol.* 49 (3): 255-266. doi: 10.1007/s13197-011-0365-5
- Fan, M., S. Yuan, L. Li, J. Zheng, D. Zhao, C. Wang, H. Wang, X. Liu, and J. Liu. 2023. Application of Terpenoid Compounds in Food and Pharmaceutical Products. *Fermentation.* 9 (2): 119. Available at: <https://doi.org/10.3390/fermentation9020119>
- Fox, F.W., and M.E. Norwood Young. 1982. *Food from the Veld*. Delta Books, Johannesburg
- Idirs, S., J. Yisa, and M. M. Ndamitso. 2020. Nutritional composition of *Corchorus olitorius* leaves. *Animal Production Research Advances* 5(2) DOI: 10.4314/apra.v5i2.49827
- Indhumathy, P. 2023. Phytochemical safety and toxicity: evaluating risks and benefits for human consumption. *International Journal of Medicinal Chemistry & Analysis IJMCA* 13(2): 53-58
- Kaushik, B., J. Sharma, K. Yadav, P. Kumar, A. Shourie. 2021. Phytochemical Properties and Pharmacological Role of Plants: Secondary Metabolites. *Biosciences Biotechnology Research Asia.* 18(1):23-35. doi: 10.13005/bbra/2894
- Kayitesi, E., and S.S.M. Moyo. 2022. Spider Plant (*Cleome gynandra*). *Handbook of Phytonutrients in Indigenous Fruits and Vegetables* pp. 27-49 <https://doi.org/10.1079/9781789248067.0003>
- Khan, N., B. Ruqia, J. Hussain, N. Jamila, N. U. Rahman, and S. T. Hussain. 2013. Nutritional Assessment and Proximate Analysis of elected Vegetables from Parachinar Kurram Agency. *Am. J. Res. Commun.* 1(8): 184-198
- Leffers, A. 2003. *Gemsbok Bean and Kalahari Truffle*. Gamsberg MacMillan, Windhoek.
- Li, X., Y. Xin, Y. Mo, P. Marozik, T. He, and H. Guo. 2022. The Bioavailability and Biological Activities of Phytosterols as Modulators of Cholesterol Metabolism. *Mol.* 27 (2): 523. doi: 10.3390/molecules27020523
- Manning, J. C. 2022. New combinations in *Drimia* Jacq. ex Wild.(Hyacinthaceae: Urgineoideae) and an updated key to the southern African species. *Bothalia-African Biodiversity & Conservation* 52(1): 1-7.
- Martínez-Azorín, M., M. B. Crespo, M. Á. Alonso-Vargas, M. Pinter, N. R. Crouch, A. P. Dold, L. Mucina, M. Pfosser, and W. Wetschnig. 2023. Molecular phylogenetics of subfamily Urgineoideae (Hyacinthaceae): Toward a coherent generic circumscription informed by molecular, morphological, and distributional data. *Journal of Systematics and Evolution* 61(1): 42-63.
- Masyita, A., R. M. Sari, A. D. Astuti, B. Yasir, N. R. Rumata, T. B. Emran, *et al.* 2022. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chem.* X13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.100217>
- Meyer, B. N., N. R. Ferrigni, J. E. Putnam, L. B. Jacobsen, D. E. Nichols, and J. L. McLaughlin. 1982. Brine shrimp: a convenient general bioassay for the active plant constituents. *Planta Med.* 45: 31-34. doi: 10.1055/s-2007-971236.
- Obermeyer, A. A. 1964. The South African species of *Dipcadi*. *Bothalia* 8:117-137.
- Okaiyeto K. and O. O. Oguntibeju. 2021. African Herbal Medicines: Adverse Effects and Cytotoxic Potentials with Different Therapeutic Applications. *Int J Environ Res Public Health.* 2; 18(11):5988. doi: 10.3390/ijerph18115988
- Opazo-Navarrete, M., Burgos-Díaz, C. Braulio Soto-Cerda, B. Barahona, T. Anguita-Barrales, F. Mosi-Roa, Y. 2021. Assessment of the Nutritional Value of Traditional Vegetables from Southern Chile as Potential Sources of Natural Ingredients. *Plant Foods Hum Nutr.* 76(4):523–532. doi: 10.1007/s11130-021-00935-2

- Opondo, F. A., K'Owino, I. O., Chepkwony, S. C., & Kosgei, V. J. 2023. Evaluation of Phytochemical Composition of Extractives and Proximate Analysis of *Tagetes minuta* Powdered Leaves and Flowers. *European Journal of Applied Sciences* 11(4): 217–237. <https://doi.org/10.14738/aivp.114.14665>
- Peters, C.R., E.M. O'Brien, R.B. Drummond. 1992. Edible wild plants of sub-Saharan Africa. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Pum, J. 2019. A practical guide to validation and verification of analytical methods in the clinical laboratory. *Ad. Clin. Chem.* 90; 215-281. <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.01.006>
- Shad, A, H. U. Shah, and L. Bakht. 2013. Ethno botanical assessment and nutritive potential of wild food plant. *Journal of animal & plant sciences.* 23 (1): 92-97 ISSN: 1018-7081
- Stadlmayr, B., E. Nilsso, B. Mouille, E. Medhammar, B. Burlingame, and R. Charrondiere. 2011. Nutrition indicator for biodiversity on food composition. A report on the progress of data availability. *J. Food Compos. Anal.* 24: 692-698 doi:10.1016/j.jfca.2010.09.009
- Stedje, B. and S. Kativu. 2023. Hyacinthaceae. In: García, M.A. and Loeuille, B.F.P. (Ed.) *Flora Zambesiaca* 13(3). Royal Botanic Gardens, Kew.
- Suffredini, I. B., H. S. Sader, A. G. Gonçalves, O. A. Reis, A. C. Gales, A. D. Varella, and R. N. Younes. 2004. Screening of antibacterial extracts from plants native to the Brazilian amazon rain forest and atlantic forest. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 37: 379-384. doi: 10.1590/S0100-879X2004000300015
- Tiwari, P., B. Kumar, M. Kaur., G. Kaur, and H. Kaur. 2011. Phytochemical screening and extraction: A Review. *Int. Pharm. Sci.* 1 (1): 98-107.
- Turkmen, N., F. Sari, and Y. S. Velioglu. 2006. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chem.* 99 (4): 835-841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.034>, 2-s2.0-33646585135.
- Vogel, D., C. Gouws, and F. van der Kooy. 2023. Antineoplastic Activity of Selected Cytotoxic Plants from the Kalahari. *Rev. Bras. Farmacogn.* Available at: <https://doi.org/10.1007/s43450-024-00546-3>
- Watt, J.M. and M.G. Breyer-Brandwijk. 1962. The medicinal and poisonous plants of southern and eastern Africa. edn 2. Livingstone, Edinburgh & London
- Welcome, A. K. Van Wyk, B.E. 2019. An inventory and analysis of the food plants of southern Africa. *South African Journal of Botany* Volume 122: 136-179.
- Yadav, R. N. S., and M. Agarwala. 2011. Phytochemical analysis of some medicinal plants. *J. Phytol.* 3 (12): 10-14.
- Zhang, J., M.E. Netzel, A. Pengelly, D. Sivakumar, Y. Sultanbawa. 2023. A Review of Phytochemicals and Bioactive Properties in the Proteaceae Family: A Promising Source of Functional Food. *Antioxidants* 12(11):1952 Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox12111952>

Incidence and Population Density of Nematodes in Corn Fields in Tekirdağ, Türkiye

Lerzan ÖZTÜRK^{1*}

Gürkan Güvenç AVCI²

İbrahim Halil ELEKCİOĞLU³

**¹Namık Kemal Universit Faculty of Fine Arts and Science, 59200, Süleymanpaşa,
Tekirdağ/TÜRKİYE**

²Tekirdağ Viticulture Research Institute, 59200, Tekirdağ/TÜRKİYE

**³Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 01330, Adana/
TÜRKİYE**

¹<https://orcid.org/0000-0003-2199-6807>

²<https://orcid.org/0000-0002-2760-0773>

³<https://orcid.org/0000-0002-1707-7392>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): lerzanozturk@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 02.12.2024 Accepted (Kabul tarihi): 10.02.2025

ABSTRACT: This study was conducted to determine the nematode biodiversity in corn (*Zea mays* L.) growing areas in Tekirdağ, Türkiye. For this purpose, corn fields in Malkara, Şarköy, Süleymanpaşa, and Hayrabolu were surveyed, and a total of 62 soil samples were collected from a soil depth of 0-60 cm. Nematodes were isolated by centrifugal flotation using 475 g/L sugar solution. Nematode identifications were made using polytomous keys. In the study, 30 nematode genera were identified, and among these genera, 11 were plant parasites, three were fungal feeders, nine were bacterial feeders, five were omnivores, and two were predators. Some of the plant parasitic species identified in the study included *Ditylenchus dipsaci*, *Helicotylenchus digonicus*, *H. varicaudatus*, *Pratylenchus penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *Paratylenchus nainianus*, *Rotylenchus cypriensis*, and *Tylenchorhynchus annulatus*. Among all *Aphelenchus* (*Aphelenchida*: *Aphelenchidae*), *Cephalobus* (*Rhabditida*: *Cephalobidae*), *Filenchus* (*Tylenchida*: *Tylenchidae*), and *Geocenamus* (*Tylenchida*: *Merliniidae*) were the most abundant and common genera and the heat map generated with XLSTAT represents the nematode abundance. To the best of our knowledge, this is the most recent taxonomic study on nematode diversity in corn fields in Tekirdağ province.

Keywords: Nematode, *Zea mays* L., Thrace, Türkiye.

Tekirdağ, Türkiye'deki Mısır Tarlalarında Nematodların Görülme Sıklığı ve Popülasyon Yoğunluğu

ÖZ: Tekirdağ'da (Türkiye) mısır (*Zea mays* L.) yetiştirme alanlarında nematod biyoçeşitliliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla Malkara, Şarköy, Süleymanpaşa ve Hayrabolu'daki mısır tarlaları incelenmiş ve 0-60 cm toprak derinliğinden toplam 62 tarladan toprak örneği alınmıştır. Nematodlar, 475 g/L şeker çözeltisi kullanılarak yapılan santrifüj flotasyon yöntemiyle izole edilmiştir. Nematodların teşhisi teşhis anahtarları kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada 30 nematod cinsi tespit edilmiş olup, bu cinsler arasında 11'i bitki paraziti, 3'ü fungus ile beslenen, 9'u bakteri ile beslenen, 5'i omnivor ve 2'si predatör olarak belirlenmiştir. Çalışmada teşhis edilen bazı bitki paraziti türler arasında *Ditylenchus dipsaci*, *Helicotylenchus digonicus*, *H. varicaudatus*, *Pratylenchus penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *Paratylenchus nainianus*, *Rotylenchus cypriensis* ve *Tylenchorhynchus annulatus* yer almıştır. *Aphelenchus* (*Aphelenchida*: *Aphelenchidae*), *Cephalobus* (*Rhabditida*: *Cephalobidae*), *Filenchus* (*Tylenchida*: *Tylenchidae*), ve *Geocenamus* (*Tylenchida*: *Merliniidae*) en yoğun ve yaygın cinsler olup, XLSTAT ile oluşturulan yoğunluk haritası nematod bolluğunu temsil etmektedir. Bu çalışma Tekirdağ ilindeki mısır tarlalarındaki nematod çeşitliliği üzerine yapılan en güncel taksonomik çalışmadır.

Anahtar kelimeler: Nematod, *Zea mays* L., Trakya, Türkiye.

INTRODUCTION

Corn (*Zea mays* L.) is a widely cultivated cereal with high adaptability to various environmental conditions (Wang and Hu, 2021). It is one of the most commonly consumed crops because it provides moderate amounts of protein, fiber, vitamins and minerals, and is a good source of carbohydrates. Corn is used primarily for livestock feed, ethanol and biofuel production, raw materials in industry, and human consumption. It is grown on approximately 200 million hectares of land worldwide. The U.S. is by far the largest producer of corn, accounting for roughly 30-35% of the world's total production. China is the second and Brazil is the third in production (USDA-ERS, 2021; FAO, 2022)

Türkiye (6.690 metric tons) is one of the world's top 20 corn-producing countries. However, demand for corn is steadily increasing, particularly for use in animal feed. This growing demand is driven by the expansion of the livestock and poultry sectors, which rely heavily on corn as a key ingredient in animal feed formulations. Seventy-three per cent of the corn produced globally is used for animal feed, and in Türkiye, most of the corn produced is utilized for feeding large cattle, small livestock, and poultry (Karadeniz, 2019). In addition, corn is used in various industries, as starch, sweeteners, and biofuels (Gök and Şahin, 2024). Consequently, the country is working to increase corn production, although it still imports corn to meet domestic demand fully.

Corn is a plant that can be grown in various regions of Türkiye, with production being widespread in the Marmara, Aegean, Central Anatolia, and Southeastern Anatolia regions. In the Thrace part of the Marmara region, corn cultivation areas fluctuate annually. The total acreage of planting areas in Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Çanakkale (Gelibolu and Lapseki), and Istanbul provinces (Çatalca and Silivri) are 21.566 hectares for corn and 5.530 ha for silage corn. Total corn production in these regions varies from 46.951 to 1.032.955 (silage) tons. The average grain yield per decare is approximately 550 to 600 kg, exceeding the global and national average (Turkstat, 2024).

Corn can best grow in fertile, well-drained soils rich in organic matter, which is vital for its growth. Various organisms, including nematodes, inhabit the soil in these cultivation areas. Numerous nematodes can be found in these environments, with hundreds of

individual species in the soil. Among nematodes, a group called free-living nematodes contribute positively to soil health. They consume other microorganisms and macroorganisms such as bacteria and fungi, without causing damage to plants. This feeding behaviour helps with nutrient cycling and maintains ecological balance, which is crucial for soil fertility (Yadav *et al.*, 2018). On the other hand, the other group called plant-parasitic nematodes represents a significant threat to corn crops. These nematodes feed on roots and extract nutrients, interfering with the plant's ability to absorb water and essential minerals. Their feeding can result in stunted growth, chlorosis, decreased yields, and increased susceptibility to environmental stress like drought and diseases. Various species of plant-parasitic nematodes impact corn differently, each with unique feeding strategies and levels of damage they cause (Singh, 2015). Common species include root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), and lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) (Thapa *et al.*, 2023). Effective management practices must be implemented to reduce the harmful effects of these nematodes and ensure healthy corn yields.

The distribution of nematode species in corn fields varies due to several factors, including soil structure and moisture levels. While plant-parasitic nematodes dominate in some regions, fungal-feeding nematodes are more prevalent in others. Identifying the nematode species responsible for yield loss in corn production areas and determining their prevalence is critical to prevent future damage and developing effective control methods. By identifying the feeding habits of nematodes, whether they are plant-parasitic, fungal-feeding, or bacterivorous, research can inform farmers about the risks posed by nematode populations in the field.

In a recent study conducted in our country, the prevalence of 11 nematode genera including *Pratylenchus* and *Mononchus* was identified in corn fields in the Anatolian part of Çanakkale province, and the findings were published (Yıldız and Gözel, 2022). However, no similar research has been carried out in Tekirdağ province. Based on these considerations, a study was conducted in the corn fields of Tekirdağ, a province in the Thrace region. In Tekirdağ, corn cultivation, especially for silage, is extensive. However, there are no previous data on the nematode

fauna in these growing areas. This study aimed to identify and taxonomically classify the nematode genera and species present in the corn fields of Tekirdağ. It also sought to group them according to their feeding habits, to determine their prevalence, and to estimate the density of their populations per 100 cm² of soil. Additionally, the research provided detailed morphological and morphometric information on some important species.

MATERIAL AND METHOD

Study Area Information

The research was conducted in Tekirdağ Province, located in the northwest of Türkiye, along the coast of the Marmara Sea. The most common agricultural activities are vineyards, sunflowers and wheat.

The province has mild, humid winters and hot, dry summers. During the survey, temperatures varied between 24 and 26 °C, with the average total rainfall measured as 9 mm. While corn is cultivated across all districts of Tekirdağ province, production is particularly concentrated in Hayrabolu, Malkara, Muratlı, and Süleymanpaşa districts (Table 1). Non-irrigated cultivation is commonly practised in certain regions, including the centre of the Süleymanpaşa district in Tekirdağ province and the village of Ibribey in Malkara. On the other hand, modern drip irrigation systems are implemented in areas like the village of Karağdemir, which is closer to water sources.

Collection of Soil Samples and Extraction of Nematodes

The survey was conducted in corn fields in various districts of Tekirdağ, including Çorlu, Ergene, Malkara, Muratlı, Hayrabolu, Süleymanpaşa, and Şarköy (Table 2, Figure 1). To increase the diversity of soil samples, a minimum distance of 1 km was maintained between sampled plots. The surveys were conducted according to the partial sampling method described by Bora and Karaca (1970), where at least 1% of the total cultivated area in the province was sampled to obtain reliable and statistically valid results. The distance between sampling sites was up to 15 km in some fields in Şarköy, Süleymanpaşa, Çorlu and Ergenede, while it varied between 1-5 km in Malkara and Hayrabolu. The maximum distance between the sampled villages was 156 km.

Field sampling was done following a W-shaped walking pattern to ensure thorough coverage of each field. Soil samples were taken from randomly selected plants within each field to provide a representative sampling of soil composition. Approximately 1 kg of soil was collected from each plot to ensure an adequate sample size for analysis. Soil samples were taken from 0-60 cm depths, specifically targeting the root zone of five plants per field. This depth was chosen because it represents the primary soil layers where Longidoridae nematodes are most likely common.

Table 1. The acreage of corn production in districts of Tekirdağ province (Decare).
Çizelge 1. Tekirdağ ili ilçelerinde mısır üretim alanı büyüklüğü (Dekar).

Plant	Ergene	Hayrabolu	Kapaklı	Malkara	Marmara Ereğlisi	Muratlı	Saray	Süleymanpaşa	Çerkezköy	Çorlu	Şarköy
Corn	250	300	0	160	10	85	50	250	0	0	70
Corn (silage)	1.950	17.700	520	14.000	530	5.300	2.600	3.600	250	350	850

Table 2. The number of surveyed corn fields in districts of Tekirdağ province (Decare).
Çizelge 2. Tekirdağ ili ilçelerinde örnekleme yapılan mısır tarlası sayısı (Dekar).

	Ergene	Hayrabolu	Malkara	Muratlı	Süleymanpaşa	Çorlu	Şarköy
Number of fields samples	3	20	10	5	14	3	7
The acreage of corn fields	12-20	15-30	25-35	20-25	10-30	10-25	15-25

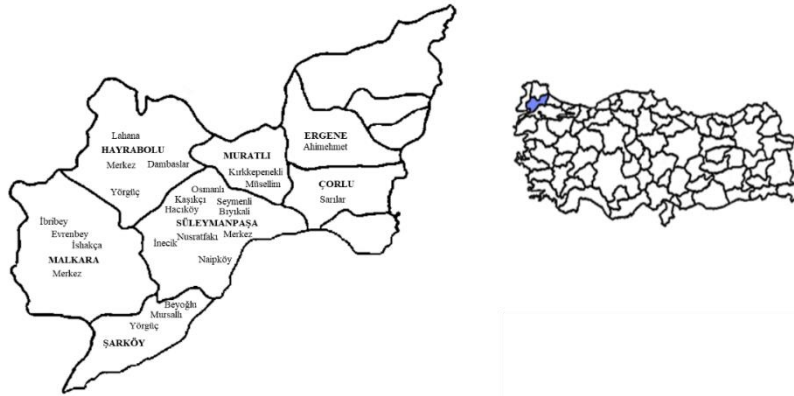


Figure 1. Study area map representing the sampled districts and villages in Tekirdağ.
Şekil 1. Tekirdağ’da örnekleme yapılan ilçe ve köyleri gösteren çalışma alanı haritası.

Nematodes were isolated from the soil samples using the sugar centrifugation method described by Jenkins (1964). For this method, 200 grams of each sample were placed in a container and mixed with water. The mixture was then filtered through a 200-mesh sieve, followed by a 400-mesh sieve. The nematodes caught in the 400-mesh sieve were transferred into a tube. This suspension was centrifuged at 1750 rpm for 5 minutes. Afterwards, a sugar solution (475 g/l) replaced the water, and the sample was centrifuged for 1 minute. In the final step, the suspension was passed through a 400-mesh sieve, and the nematodes were washed with tap water and collected.

Nematode Identification and Classification

Female nematodes were used for species identification. They were placed on slides after being killed at temperature 60°C and preserved in double-strength TAF (Triethanolamine-Formalin) and other fixative solutions (Seinhorst, 1959). The wax ring method was used to fix nematodes on slides (Seinhorst, 1959). Species classification was done according to the criteria outlined in Siddiqi (2000). Most of the nematodes were identified at species level, and their morphometric parameters were calculated using the formula of De Man (1876) provided below (Table 2). Nematodes were identified by examining the morphologic characteristics of the female, such as stylet shape, vulva position, body length, and tail shape.

The polytomous key used in the identifications were Loof and Jairajpuri (1968), Choudhary and Jairajpuri (1984), Geraert and Raski (1987), Anderson (1979), Abolafia and Peña-Santiago (1996), Handoo and Golden (1989), Loof and Luc (1990), Brezski (1991), Handoo *et al.* (2007), Scholze and Sudhaus (2011), Wu *et al.*, (2016), and Tran *et al.* (2024). Nematodes which had no females were identified at the genus level. Each nematode species’ feeding behaviour and colonizer-persister (c-p) values (1 to 5) were assigned according to Bongers (1990). The abundance heat map was generated in XLSTAT using nematode populations in fields. The frequency of occurrence (f %) of species were calculated as follows:

$$\% \text{ frequency} = \frac{\text{Number of samples containing species}}{\text{Total number of samples collected}} \times 100$$

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 30 nematode genera representing a wide taxonomic diversity were identified in a survey of corn fields in the districts of Şarköy, Malkara, Ergene, Hayrabolu, Süleymanpaşa, Çorlu and Muratlı in Tekirdağ. These nematodes belonged to six orders Aphelenchida, Tylenchida, Plectida, Monhysterida, Rhabditida and Dorylaimida, comprising 19 families (Table 3).

Table 3. The taxonomic classification of nematodes identified in corn fields in Tekirdağ province.

Çizelge 3. Tekirdağ ilinde mısır ekim alanlarında teşhis edilen nematodların taksonomik sınıflandırması.

Genera	Order	Superfamily	Family	Species
<i>Acrobeles</i>	Rhabditida	Cephaloboidea	Cephalobidae	<i>Acrobeles ciliatus</i> <i>Acrobeles complexus</i>
<i>Alaimus</i>	Dorylaimida	Alaimoidea	Alaimidae	<i>Alaimus primitivus</i>
<i>Acrobeloides</i>	Rhabditida	Cephaloboidea	Cephalobidae	<i>Acrobeloides nanus</i>
<i>Aphelenchus</i>	Aphelenchida	Aphelenchoidea	Aphelenchidae	<i>Aphelenchus avenae</i>
<i>Aphelenchoides</i>	Aphelenchida	Aphelenchoidea	Aphelenchioididae	<i>Aphelenchoides sacchari</i>
<i>Aporcelaimellus</i>	Dorylaimida	Dorylaimoidea	Aporcelaimidae	<i>Aporcelaimellus obscurus</i>
<i>Boleodorus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Tylenchidae	<i>Boleodorus thylactus</i>
<i>Cephalobus</i>	Rhabditida	Cephaloboidea	Cephalobidae	<i>Cephalobus persegnis</i>
<i>Clarkus</i>	Mononchida	Mononchoidea	Mononchidae	<i>Clarkus papillatus</i>
<i>Ditylenchus</i>	Tylenchida	Sphaerularioidea	Anguinidae	<i>Ditylenchus dipsaci</i>
<i>Dorylaimus</i>	Dorylaimida	Dorylaimoidea	Dorylaimidae	<i>Dorylaimus</i> sp.
<i>Eudorylaimus</i>	Dorylaimida	Dorylaimoidea	Dorylaimidae	<i>Eudorylaimus</i> sp.
<i>Filenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Tylenchidae	<i>Filenchus filiformis</i> <i>Filenchus thornei</i> <i>Filenchus cylindricus</i>
<i>Geocenamus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Merliniidae	<i>Geocenamus brevidens</i>
<i>Helicotylenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus digonicus</i> <i>Helicotylenchus varicaudatus</i>
<i>Mesodorylaimus</i>	Dorylaimida	Dorylaimoidea	Dorylaimidae	<i>Mesodorylaimus</i> sp.
<i>Monhystera</i>	Monhysterida	Monhysteroidea	Monhysteridae	<i>Monhystera</i> sp.
<i>Mononchus</i>	Mononchida	Mononchoidea	Mononchidae	<i>Mononchus</i> sp.
<i>Panagrolaimus</i>	Rhabditida	Rhabditoidea	Rhabditidae	<i>Panagrolaimus rigidus</i>
<i>Prismatolaimus</i>	Triplonchida	Prismatoloidea	Prismatolaimidae	<i>Prismatolaimus vexilliger</i>
<i>Prodorylaimus</i>	Dorylaimida	Dorylaimoidea	Dorylaimidae	<i>Prodorylaimus</i> sp.
<i>Pratylenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus penetrans</i> <i>Pratylenchus thornei</i> <i>Pratylenchus neglectus</i>
<i>Paratylenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Tylenchulidae	<i>Paratylenchus nainianus</i>
<i>Rhabditis</i>	Rhabditida	Rhabditoidea	Rhabditidae	<i>Rhabditis</i> sp.
<i>Rotylenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Hoplolaimidae	<i>Rotylenchus cypriensis</i>
<i>Tylenchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Tylenchidae	<i>Tylenchus davainei</i>
<i>Tylenchorhynchus</i>	Tylenchida	Tylenchoidea	Telotylenchidae	<i>Tylenchorhynchus annulatus</i>
<i>Tylencholaimus</i>	Dorylaimida	Tylencholaimoidea	Tylencholaimidae	<i>Tylencholaimus proximus</i>
<i>Xiphinema</i>	Dorylaimida	Longidorioidea	Longidoridae	<i>Xiphinema pachtaicum</i>
<i>Wilsonema</i>	Chromadorida	Plectoidea	Plectidae	<i>Wilsonema schuurmanstekhoven</i>

Approximately 66.6% of nematode genera identified in corn fields in Tekirdağ have plant-parasitic or bacterial feeding types (Figure 2). Bacterial-feeding nematodes belong to five order and six families, fungal-feeding nematodes to three orders and three families, omnivores to one order and five families, predators to one order and one family, and plant-parasites to one order and seven families. Bacterial-feeding nematodes play an important role in nutrient cycling, consuming bacteria and releasing nitrogen and other nutrients essential to plant growth (Ferris *et al.*, 2001). The diversity of fungus-feeding nematodes is often related to the abundance of fungi in the soil, and nematodes can also have an impact on mycorrhizal fungi, potentially affecting plant-root symbioses (Ingham *et al.*, 1985).

Among the plant-parasitic nematodes, the vast majority (93.3%) were classified as ectoparasites, meaning they feed externally on plant roots and may cause less direct internal damage than endoparasites, which live and feed inside root tissues. Only one genus (6.7%) of plant-parasitic nematodes was identified as endoparasitic. The colonizer-persister (c-p) scale, which assesses nematodes based on their resilience and ecological functions, showed that most nematode species in these samples had a c-p value of 2. In agricultural areas, c-p 2 nematodes are common because they can tolerate moderate soil disturbances, such as tillage, without significant population loss (Ferris *et al.*, 2001).

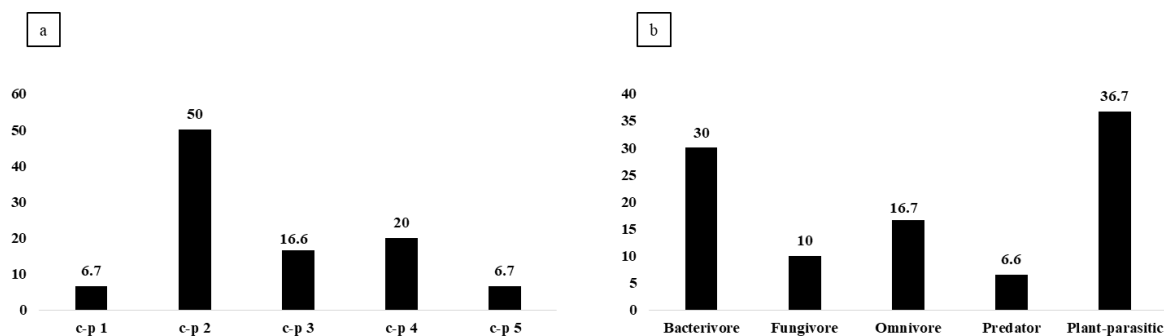


Figure 2. a. The proportion (%) of nematodes in terms of the c-p value, b. The proportion (%) of nematodes in terms of feeding habitat. Şekil 2. a. Nematodların c-p değeri bakımından % oranı b. Nematodların beslenme habitatu bakımından % oranı.

The survey of nematode species in soil samples collected from corn fields revealed a diverse community with different frequencies of occurrence. *Cephalobus persegnis* (79%), and *Acrobeloides nanus* (50%) were highly abundant bacterial-feeding nematodes in corn fields in Tekirdağ, while *Rhabditis* sp. (27.4%) was also notable among bacterial feeders. Among the fungal feeders, *Aphelenchus avenae* (48.3%) and *Filenchus filiformis* (38.7%) were common. The least common species in the study were *Panagrolaimus rigidus* and *Mononchus* sp., both of which were present in only 1.6% of the samples. The findings from the survey of corn fields in Tekirdağ align with other nematode biodiversity studies in agricultural ecosystems. For example, in the United States, researchers reported that nematode communities are composed predominantly of plant-parasitic and bacterial-feeding types, with taxa such as Tylenchida and Rhabditida being common, similar to the findings in Tekirdağ. Again in other studies in the USA, several plant parasitic species from genera

including *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, and *Tylenchorhynchus* were identified (Simon *et al.*, 2018; Han *et al.*, 2021; Thapa *et al.*, 2023). In a survey covering several districts in Kenya, 55 genera of nematodes were identified in corn fields; and, as found in Tekirdağ, *Aphelenchus* and *Cephalobus* were among the most common (Maina *et al.*, 2019). At the same time in a study conducted in Çanakkale, located in the same region as Tekirdağ, *Tylenchus* sp. was found to be the most common nematode in corn fields, with a prevalence of 30.8%. *Aphelenchus* sp. followed this at 26.2%, *Pratylenchus* sp. at 20.91%, *Ditylenchus* sp. at 17.93%, *Merlinius* (*Geocenamus*) sp. at 10.11%, *Dorylaimus* sp. at 8.5%, *Tylenchorhynchus* sp. at 5.05%, *Paratylenchus* sp. at 3.9%, *Mononchus* sp. at 2.52%, and *Panagrolaimus* sp. at 1.6% (Yıldız and Gözel, 2022).

Table 4 represents the feeding type, c-p value, and frequency of nematode occurrence in corn fields in Tekirdağ.

Table 4. Feeding type, colonizer-persister (c-p) class, and frequency of occurrence of nematodes in corn fields in Tekirdağ province.
Çizelge 4. Tekirdağ ilinde mısır tarlalarında nematodların beslenme şekli, coloizer-persister (c-p) sınıfı ve görülme sıklığı.

Species/genus	c-p class (Colonizer- persister)	Feeding type	Frequency of occurrence (%)
<i>Acrobeles ciliatus</i>	2	Bacterial feeder	16.1
<i>Acrobeles complexus</i>	2	Bacterial feeder	11.3
<i>Acrobeloides nanus</i>	2	Bacterial feeder	50.0
<i>Alaimus primitivus</i>	2	Bacterial feeder	12.9
<i>Monhystera</i> sp.	2	Bacterial feeder	9.6
<i>Cephalobus persegis</i>	2	Bacterial feeder	79.0
<i>Wilsonema schuurmanstekhoven</i>	2	Bacterial feeder	8.0
<i>Rhabditis</i> sp.	1	Bacterial feeder	27.4
<i>Prismatolaimus intermedius</i>	2	Bacterial feeder	3.2
<i>Panagrolaimus rigidus</i>	1	Bacterial feeder	1.6
<i>Aphelenchoides sacchari</i>	2	Fungal feeder	33.8
<i>Aphelenchus avenae</i>	2	Fungal feeder	48.3
<i>Tylencholaimus proximus</i>	2	Fungal feeder	16.1
<i>Clarkus papillatus</i>	4	Predator	3.2
<i>Mononchus</i> sp.	4	Predator	1.6
<i>Aporcelaimellus obscuroides</i>	5	Omnivore	38.7
<i>Dorylaimus</i> sp.	4	Omnivore	22.6
<i>Mesodorylaimus</i> sp.	4	Omnivore	22.6
<i>Prodorylaimus</i> sp.	4	Omnivore	4.8
<i>Eudorylaimus</i> sp.	4	Omnivore	11.3
<i>Boleodorus thylactus</i>	2	Root-fungal feeder (Ectoparasite)	17.7
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	2	Plant-parasitic (Endoparasite)	16.6
<i>Filenchus thornei</i>	2	Root-fungal feeder (Ectoparasite)	30.6
<i>Filenchus cylindricus</i>	2	Root-fungal feeder (Ectoparasite)	20.9
<i>Filenchus filiformis</i>	2	Root-fungal feeder (Ectoparasite)	38.7
<i>Geocenamus brevidens</i>	3	Plant-parasitic (Ectoparasite)	64.5
<i>Helicotylenchus digonicus</i>	3	Plant-parasitic (Ectoparasite)	12.9
<i>Helicotylenchus varicaudatus</i>	3	Plant-parasitic (Ectoparasite)	4.8
<i>Paratylenchus nainianus</i>	2	Plant feeder (Ectoparasite)	17.7
<i>Pratylenchus penetrans</i>	3	Plant-parasitic (Endoparasite)	3.2
<i>Pratylenchus neglectus</i>	3	Plant-parasitic (Endoparasite)	11.3
<i>Pratylenchus thornei</i>	3	Plant-parasitic (Endoparasite)	8.0
<i>Rotylenchus cypriensis</i>	3	Plant-parasitic (Ectoparasite)	9.6
<i>Tylenchus davainei</i>	2	Root-fungal feeder (Ectoparasite)	11.3
<i>Tylenchorrhynchus annulatus</i>	3	Plant-parasitic (Ectoparasite)	25.8
<i>Xiphinema pachtaicum</i>	5	Plant-parasitic (Ectoparasite)	4.8

Of the plant parasitic nematodes identified in corn fields, several species are capable of causing significant crop damage. Remarkable species include *Pratylenchus penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *Ditylenchus dipsaci*, *Tylenchorrhynchus annulatus*, and *Geocenamus brevidens*, with other species being weaker plant parasites. The presence of plant-parasitic nematodes such as *Ditylenchus dipsaci* (16.6%) and various *Pratylenchus* species (*P. penetrans* at 3.2%, *P. neglectus* at 11.3% and *P. thornei* at 8%) highlights the risk of nematode damage due to their adverse effects on plant roots. For example, *Pratylenchus penetrans* is a significant pest affecting crops such as sweetcorn and Todd et al. (2016) reported that yield losses increase up

to 49%. Several of these species have been reported globally, *Helicotylenchus varicaudatus*, *H. digonicus*, *Rotylenchus cypriensis*, *P. penetrans*, *P. neglectus*, and *P. thornei*, have been found in corn fields in the USA (Hafez et al., 2010). *H. digonicus* has also been isolated from corn fields in Pakistan (Bernard, 1980; Khan et al., 2009), and in our study *H. digonicus* was found in at least one field in all districts of Tekirdağ, Türkiye. Additionally, *P. neglectus* has been found in corn fields in China, and *P. penetrans* in Rwanda (Windham, 1998; Xia et al., 2021). The prevalence rates of these species vary across regions, with *H. digonicus* showing a 30.9% occurrence in Pakistan compared to 12.9% in Türkiye. *Geocenamus* (*Merlinius*) *brevidens*,

Boleodorus ty lactus, and *D. dipsaci* are among the most common nematodes in agricultural areas. *G. brevidens* has been shown to reduce growth and cause stunting in wheat, barley, and corn, while *D. dipsaci* has been identified in corn fields in several countries, including Pakistan (Khan, 2009). *T. annulatus* is also found in corn fields in the USA and Indonesia (Simon *et al.*, 2020; Indarti *et al.*, 2023). Furthermore, *Filenchus* species are known to proliferate in saprophytic fungi such as *Rhizoctonia solani* and *Chaetomium globosum* (Okada *et al.*, 2005), and *Xiphinema pachtaicum*, a nematode in the *X. americanum* subgroup, causes both direct and indirect damage to a variety of crops and ornamental plants worldwide (Loof and Luc, 1990).

The fungal feeder nematode *A. avenae* is typically associated with cereal crops, while *A. sacchari* causes significant damage to sugarcane, corn and other crops. *A. avenae* feeds on fungal hyphal structures like *Botrytis cinerea* (Taher *et al.*, 2017) and has a prevalence rate of nearly 70% in Pakistani corn fields (Sikandar *et al.*, 2021). *A. sacchari* also targets soil-borne fungi but damages plant roots, increasing susceptibility to fungal and bacterial infections (Perper and Petriello, 1977). *A. obscuroides* is a significant omnivore species in agricultural areas, pastures, and forests in over 50 countries (Yeates, 1993). Similarly, the genus *Tylencholaimus*, first described by de Man in 1876, includes species like *T. proximus*, which feed on various fungi (Wood, 1973). Additionally, bacterial feeder genera such as *Acrobeles*, *Acrobelloides*, *Cephalobus*, *Panagrolaimus*, and *Prismatolaimus* have been reported in corn fields in Kenya, Spain, Slovakia, Sweden and Denmark. These free-living nematodes play important roles in soil ecosystems by aiding in organic matter decomposition and nutrient cycling (Čerevková *et al.*, 2018; Maina *et al.*, 2021).

In the corn fields surveyed in Tekirdağ, species from genera *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, and *Pratylenchus* were found mostly and the highest population in intensively irrigated fields in Süleymanpaşa, Malkara and Hayrabolu. Non-irrigated fields had no nematode or lower nematode densities, suggesting that irrigation practices may influence nematode abundance. Irrigation studies in different countries have produced different results. For example, some studies have shown that the population of *Tylenchorhynchus* species is higher in irrigated fields.

On the other hand, the effect of irrigation on *Pratylenchus* species are more complex. Some researchers indicate that irrigation can increase *Pratylenchus* populations, while others observe that it may have a decreasing or no effect (Govaerts *et al.*, 2007; Okada and Harada, 2007).

When analysing nematode densities per 100 g of soil, it was observed that the populations of certain bacterial-feeding nematode species, namely *Cephalobus persegnis*, *Acrobeles ciliatus*, *Aphelenchus avenae*, and *Aphelenchoides sacchari* were significantly higher. In addition, among the herbivorous nematodes, *Filenchus filiformis* and *Geocenamus brevidens* showed elevated populations. The heat-map in Figure 3 displays the average nematode density per 100 grams of soil in corn fields in Tekirdağ. The dendrogram on the vertical axis corresponds to districts, while the horizontal axis at the bottom is the nematode genus. The dendrogram at the top groups these genera based on their abundance trends. The heat map uses colours like yellow, red, orange, and black to signify different levels of nematode density. Yellow highlight higher nematode densities, lighter shades of red suggest lower nematode populations for certain genera, whereas dark red and black indicate either the absence or very minimal presence of those genera. Orange and its variants reflect moderate densities. The heat map shows low or absent populations of certain species in Şarköy, Muratlı, Ergene and Çorlu. These districts also correspond to areas with dry soil conditions due to lack of irrigation and rainfall, which is likely to have contributed to the low nematode numbers. In these areas, soil moisture may be a limiting factor for nematode survival and reproduction. Consistent with our findings, these species have also been recognised as the most abundant in studies carried out by other researchers. In research conducted in 8 regions of Kenya on intercropping of corn and pigeon peas, some genera were found in high number in soils, *Acrobeles*, with densities ranging from 21.7 to 190.7 nematodes per 250 g of soil; *Cephalobus*, with a range of 86.7 to 238.3 nematodes per 250 g of soil; *Aphelenchus*, ranging from 39.0 to 177.7 nematodes per 250 g of soil; and *Aphelenchoides*, which showed densities between 30.3 to 99.7 nematodes per 250 g of soil (Maina *et al.*, 2021).

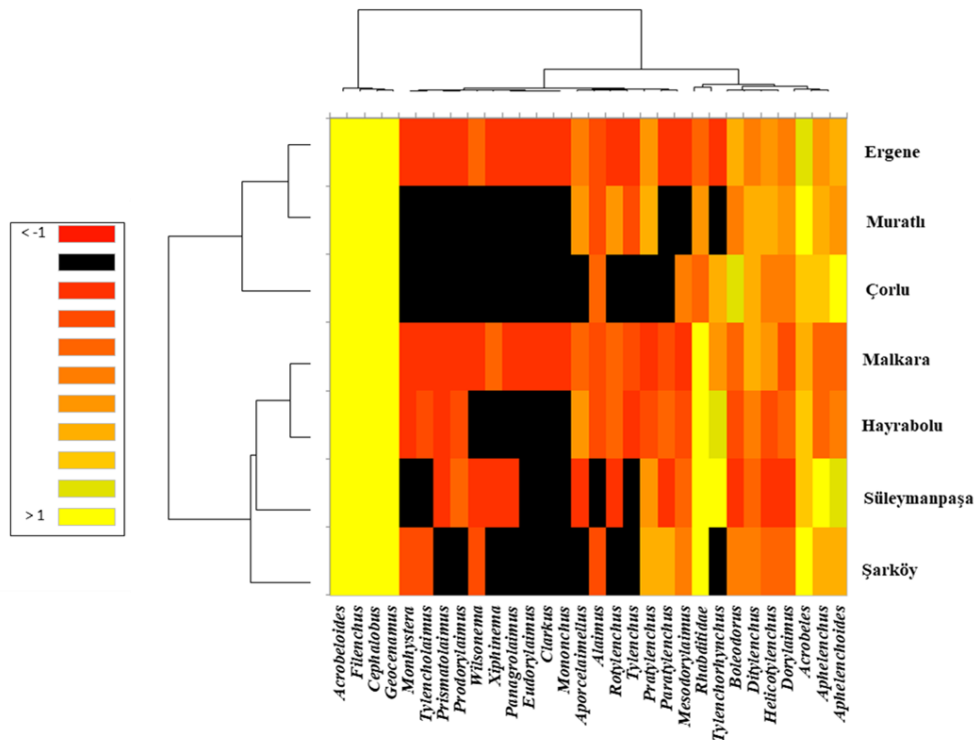


Figure 3. Heat-map representing the nematode average abundance in corn fields in seven districts in Tekirdağ.
Şekil 3. Tekirdağ'da yedi ilçede mısır alanlarında ortalama nematod yoğunluğunu gösteren yoğunluk haritası

CONCLUSIONS

In this study, the nematode fauna in the soil of corn fields in Tekirdağ province was thoroughly investigated. The results showed that the bacterial feeder and plant parasitic species accounted for more than half of the genus diversity of the nematode community. While highly damaging plant parasitic

REFERENCES

- Abolafia, J. and R. Peña-Santiago. 1996. Nematodes of the order Dorylaimida from Andalucia Oriental, Spain. The genus *Mesodorylaimus* Andrassy, 1959. I. Two short-tailed new species. Russian Journal of Nematology 4: 173-180.
- Anderson, R.V. 1979. A supplemental key to species *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Nematoda: Hoplolaimidae) described since 1972 and a description of *H. oscephalus* n. sp. Canadian Journal of Zoology 57: 337-342.
- Barker, K. R., G. A. Pederson, G. L. Windham 1998. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, & Soil Science Society of America. Plant and nematode interactions. American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr36>
- Tennessee. Bulletins. https://trace.tennessee.edu/utk_agbulletin/408
- Bongers, R. 1990. The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia 83: 14-19.
- Bora, T., İ. Karaca. 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Zir. Fak. Yardımcı Ders Kitabı, No: 167.
- Čerevková, A., D. Miklisová, M. Szoboszlai, C. C. Tebbe, and L. Cagán. 2018. The responses of soil nematode communities to Bt maize cultivation at four field sites across Europe. Soil Biology and Biochemistry. 119: 194-202.

species such as *Meloidogyne* spp., which are known to cause significant damage to crops, were not detected, three species of the economically important genus *Pratylenchus* were identified. These species are fascinating because of their potential impact on plant health. This study is the first to be carried out in Tekirdağ province and provides new insights into the local nematode fauna.

- Choudhary, M. and S. M. Jairajpuri. 1984. Six new species of the genus *Alaimus* de Man, 1880 (Nematoda : Alaimidae) from India. *Revue Nématologie* 7(2): 287-300.
- De Man, J.G. 1876. Onderzoekingen over vrij in de aarde levende Nematoden. *Tijdschrift Nederlandsche voor de Dierkunde Vereen* 2:78-196.
- FAO. 2022. GAEZ v. 4 Data Portal. In: FAO [<https://gaez.fao.org>]. Rome. <https://gaez.fao.org/pages/crop-summary>
- Ferris, H., R. C. Venette, and B. S. Sipes 2001. Nematode community structure as an indicator of soil health. In: *Soil Health and Land Use Management* 185-207.
- Geraert, E., and D. J. Raski. 1987. A reappraisal of *Tylenchina* (Nemata). *Revue Nematologia* 10(2): 143-161.
- Govaerts, B., M. Fuentes, M. Mezzalama, J. Nicol, J. Deckers, J. Etchevers, B. Figueroa, and K. Sayre. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil and Tillage Research* 94: 209-219. 10.1016/j.still.2006.07.013.
- Gök, İ., and M. Şahin 2024. Econometric Analysis of Corn Production in Türkiye. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)* 41(2): 33-39. <https://doi.org/10.55507/gopzfd.1288261>
- Hafez, S. L., P. Sundararaj, Z. A. Handoo, and R. M. Siddiqi. 2010. Occurrence and distribution of nematodes in Idaho crops. *International Journal of Nematology* 20: 91-98.
- Han, J., A. L. Colgrove, N. D. Bowman, N. E. Schroeder, and N. M. Kleczewski. 2021. A survey of plant-parasitic nematodes in Illinois corn fields, 2018 and 2020. *Plant Health Progress* 22(4): 560-564.
- Handoo, Z. A., A. Khan, and S. Islam 2007. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Merlinius* Siddiqi, 1970 (Nematoda: Tylenchida) with description of *Merlinius khuzdarensis* n. sp. associated with date palm. *Nematology* 9: 251-260. DOI: 10.1163/156854107780739045.
- Handoo, Z.A. and A.M. Golden. 1989. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (lesion nematodes). *Journal of Nematology* 21: 202-218.
- Indarti, S., R. Maharani, T. Taryono, D. W. Dirk. 2023. Detection of the stunt nematode *Tylenchorhynchus annulatus* in the rhizosphere of rice and corn in Indonesia. *Australasian Plant Disease Notes* 18 (1):1. <https://doi.org/10.1007/s13314-023-00488-0>
- Ingham, R. E., J. A. Trofymow, E. R. Ingham, and D. C. Coleman. 1985. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55(1): 119-140.
- Jenkins, W. R. 1964. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Dis. Rep.*, 48:692.
- Karadeniz, E., 2019. The Status of Corn Silage in Turkey and Its Importance in Animal Nutrition. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 170-175.
- Khan, A., S. S. Shaukat, B. Nawab, K. A. Khanzada, and M. S. Solangi. 2009. Management of nematodes associated with maize (*Zea mays* L.) using organic and inorganic amendments. *Pakistan J. Agric. Res.* 22(3-4): 165-167.
- Loof, P. A. A. and M. Luc. 1990. A revised polytomous key for the identification of species of the genus *Xiphinema* Cobb, 1913 (Nematoda: Longidoridae) with exclusion of the *X. americanum*-group. *Systematic Parasitology* 16: 36-66.
- Loof, P. A. A., and M. S. Jairajpuri. 1968. Taxonomic studies on the genus *Tylencholaimus* de Man, 1876 (Dorylaimoidea) with a key to the species *Nematologica* 14 (3). pp.
- Maina, S., H. Karuri, and R. N. Ng'endo. 2021. Free-living nematode assemblages associated with maize residues and their ecological significance. *J Nematol.* 1: 53:e2021-38. doi: 10.21307/jofnem-2021-038. PMID: 33860265; PMCID: PMC8040138.
- Maina, S., H. Karuri, and R.N. Ng'endo. 2019. Nematode soil food webs in maize agroecosystems and their implication on plant-parasitic nematodes. *Phytoparasitica* 47: 743-758. <https://doi.org/10.1007/s12600-019-00769-4>
- Okada, H., and H. Harada. 2007. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Appl. Soil Ecol.*, 35: 582-598
- Okada, H., H. Harada, and I. Kadota. 2005. Fungal-feeding habits of six nematode isolates in the genus *Filenchus*. *Soil Biology and Biochemistry*. 37(6): 1113-1120. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.11.010>
- Perper, T., and R. Petriello. 1977. Population growth patterns of four species of aphelenchoides on fungi. *J Nematol.* 9(4): 301-6. PMID: 19305612; PMCID: PMC2620260.
- Scholze, V.S., and W. Sudhaus. 2011. A pictorial key to current genus groups of 'Rhabditidae'. *Journal of nematode morphology and systematics* 14: 105-112.
- Seinhorst, J. W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*, 4: 67-69.
- Siddiqi, M. R. 2000. *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CAB International, Wallingford, UK, p 833
- Sikandar, A., T. A. Khanum, and Y. Wang. 2021. Biodiversity and community analysis of plant-parasitic and free-living nematodes associated with maize and other rotational crops from Punjab, Pakistan. *Life (Basel)*. 11(12): 1426. doi: 10.3390/life11121426. PMID: 34947957; PMCID: PMC8706526.
- Simon, A. C. M., H. D. Lopez-Nicora, T. L. Niblack, E. A. Dayton, D. Tomashefski, and P. A. Paul. 2018. Cropping practices and soil properties associated with plant-parasitic nematodes in corn fields in Ohio. *Plant disease* 102(12): 2519-2530.

- Simon, A. C. M., H. D. Lopez-Nicora, T. I. Ralston, E. A. Richer, T. L. Niblack, and P. A. Paul. 2020. First report of stunt nematode (*Tylenchorhynchus annulatus*) on corn in Ohio. Plant disease 12(1): 104 :2527. doi: 10.1094/PDIS-02-20-0429-PDN.
- Singh, R. 2015. Plant parasitic nematodes: The hidden enemies of farmers. 10.13140/RG.2.1.2994.7763.
- Smiley, R. W., R. G. Whittaker, J. A. Gourlie, and S. A. Easle. 2006. *Geocenamus brevidens* associated with reduced yield of no-till annual spring wheat in Oregon. Plant Dis. 90:885-890.
- Taher, I. E., S. N. Ami, R. A. Haleem, and B. Shareef 2017. First record of mycetophagous nematode *Aphelenchus avenae* In Iraq with description and testing their propagation on different fungus culture. Bulletin of The Iraq Natural History Museum 14: 251-259. 10.26842/binhm.7.2017.14.3.0251.
- Thapa, S., E. Darling, E. Cole, K. Poley, and M. Quintanilla. 2023. Distribution of plant-parasitic nematodes in michigan corn fields. J Nematol. 55(1):20230015. doi: 10.2478/jofnem-2023-0015.
- Todd, T.C. 2016. Diseases caused by nematodes. pp. 117–129. In: Munkvold, G.P. and White, D.G. (eds) Compendium of maize diseases. Fourth Edition. The American Phytopathological Society, Eagan, Minnesota, USA,
- Tran, V. D., V. L. Vu, H. T. Nguyen, and Q. P. Trinh. 2024. An updated species list of the genus *Rotylenchus* (Nematoda: Hoplolaimidae) and a browser-based interactive key for species identification. Australasian Plant Pathol. 53: 79–88. <https://doi.org/10.1007/s13313-023-00962-4>
- TURKSTAT. 2023. Turkish Statistical Institute. URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (accessed: October 11, 2024).
- USDA-ERS. 2021. International Baseline Data. International Long-Term Projections to 2030. Available from: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-baseline->
- Wang, J., X. Hu. 2021. Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019. PLoS One 16(7):e0254423. doi: 10.1371/journal.pone.0254423. PMID: 34242362; PMCID: PMC8270196.
- Wood, F.H. 1973. Nematode feeding relationships: Feeding relationships of soil-dwelling nematodes. Soil Riol. Biochem. 5: 593-601.
- Wu, W.J., L. Yan, C.Xu, K. Wang, S. Y. Jin, and J. Xie. 2016. A new species of the genus *Discolaimus* Cobb, 1913 (Nematoda: Dorylaimida: Qudsianematidae) from Qinghai, China. Zootaxa 4088: 129. 10.11646/zootaxa.4088.1.6.
- Xia, Y.H., Y.K. Liu, P.H. Hao, H.X. Yuan, K. Wang, H.L. Li, Y. Li. 2021. Molecular and morphological characterization of the root -lesion nematode, *Pratylenchus neglectus*, on corn from Henan province of China. Helminthologia 58(4):385-393. doi: 10.2478/helm-2021-0044. PMID: 35095314; PMCID: PMC8776298.
- Yadav, S., J. Patil, and R. Kanwar. 2018. The role of free-living nematode population in the organic matter recycling. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7: 2726-2734. 10.20546/ijcmas.2018.706.321.
- Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. De Goede, D. W. Freckman, and S. S. Georgieva. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera—An outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25: 315-331.
- Yıldız, E., U. Gözel. 2022. Determination of plant parasitic nematode species in corn cultivation areas of Canakkale Province. MAS Journal of Applied Sciences 7(3): 763–768. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6952680>

The Effect of Salt and Drought Stresses on Germination and Early Seedling Growth of Different Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Varieties

Yasemin ERDOĞDU¹ 

İlkay ORHAN² 

^{1,2}Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ/ TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0001-8393-3444>

²<https://orcid.org/0009-0004-2235-9556>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): yerdogdu@nku.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 13.12. 2024

Accepted (Kabul tarihi): 25.03.2025

ABSTRACT: Salinity and drought are the primary stress factors that negatively impact crop production. This study evaluated the effects of sodium chloride (NaCl) and polyethylene glycol (PEG-6000)-induced osmotic stress on germination and early seedling growth in five linseed varieties (Kara Kız, Beyaz Gelin, Sarı Dane, Cemre, and Efe). The investigated parameters included germination rate (%), average germination time (days), root length (cm), fresh and dry root weight (mg), shoot length (cm), and fresh and dry shoot weight (mg). The results revealed that the differences among the tested linseed varieties were statistically significant for all examined characteristics. It was determined that the varieties exhibited considerable resistance to salt stress in terms of germination rates. Germination rates decreased by 2.3% at 12.0 dS m⁻¹ NaCl and by 10.6% at 0.50 MPa PEG. Additionally, the average germination time increased with rising salinity (1.6–4.5 days) and drought stress (1.1–2.7 days). With increasing salinity and drought stress, root length (NaCl: 1.40–6.40 cm, PEG: 5.46–12.60 cm), shoot length (NaCl: 2.30–10.43 cm, PEG: 2.40–10.06 cm), fresh root weight (NaCl: 3.86–13.90 mg, PEG: 1.43–6.00 mg), dry root weight (NaCl: 0.20–1.53 mg, PEG: 0.26–1.03 mg), fresh shoot weight (NaCl: 29.30–86.33 mg, PEG: 21.00–82.40 mg), and dry shoot weight (NaCl: 2.00–7.23 mg, PEG: 2.10–7.76 mg) decreased gradually and significantly. Among the tested varieties, Sarı Dane exhibited greater resistance to salt stress, while Beyaz Gelin was more resistant to drought stress.

Keywords: Germination, *Linum usitatissimum* L., linseed, drought, NaCl, osmotic stress.

Tuz ve Kuraklık Stresinin Farklı Keten (*Linum usitatissimum* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimine Etkisi

ÖZ: Tuzluluk ve kuraklık, bitkisel üretimi olumsuz yönde etkileyen başlıca stres faktörleridir. Bu çalışmada, 5 keten tohumu çeşidinde (Kara Kız, Beyaz Gelin, Sarı Dane, Cemre ve Efe) sodyum klorür (NaCl) ve polietilen glikol (PEG-6000) kaynaklı ozmotik stresin çimlenme ve erken fide dönemlerine etkileri değerlendirilmiş ve çeşitlerdeki çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün), kök uzunluğu (cm), yaş kök ağırlığı (mg), kuru kök ağırlığı (mg), sürgün uzunluğu (cm), yaş sürgün ağırlığı (mg), kuru sürgün ağırlığı (mg) özellikleri incelenmiştir. Saptanan sonuçlarda, incelenen tüm özellikler açısından denemeye alınan keten çeşitlerindeki farklılıkların istatistiksel olarak önemli oldukları anlaşılmıştır; çeşitlerin çimlenme oranları açısından tuz stresine karşı oldukça dayanıklılık gösterdikleri saptanmıştır; çimlenme oranında (NaCl) 12,0 dS m⁻¹ için %2,3, (PEG) 0,50 MPa için de %10,6 düzeyinde azalma olmuş; ortalama çimlenme süresi artan tuzluluk (1,6-4,5 gün) ve kuraklık stresi (1,1-2,7 gün) ile uzamıştır. Tuzluluk ve kuraklık stresinin arttırılmasıyla kök uzunluğu (NaCl 1.40-6.40 cm, PEG 5.46-12.60 cm), sürgün uzunluğu (NaCl 2,30-10,43 cm, PEG 2,40-10,06 cm), yaş kök ağırlığı (NaCl 3,86-13,90 mg, PEG 1,43-6,00 mg), kuru kök ağırlığı (NaCl 0,20-1,53 mg, PEG 0,26-1,03 mg), yaş sürgün ağırlığı (NaCl 29,30-86,33 mg, PEG 21,00-82,40 mg) ve kuru sürgün ağırlığı (NaCl 2,00-7,23 mg, PEG 2,10-7,76 mg) kademeli şekilde ve önemli ölçüde azalırken; Sarı Dane tuz stresine, Beyaz Gelin ise kuraklık stresine karşı daha dayanıklı bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Çimlenme, *Linum usitatissimum* L., keten, kuraklık, NaCl, osmotik stres.

INTRODUCTION

Linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivation dates back to >6000 BC (Pavelek, 2015). It is an important industrial plant used in the production of both oil and fiber around the world (Jhala and Hall, 2010) with

production of approximately 4 million tons (FAO, 2024). Linseed belongs to the Linaceae family, which includes 13 genera and nearly 300 species (Kocak and Bayraktar, 2011). Different *Linum* varieties were developed to produce both fiber and seeds. *Linum*

varieties grown for fiber use are called flax, and oilseed varieties are called linseed, simply flax or oilseed flax (Nykter *et al.*, 2006).

Linseed contains 40.0% oil, 30.0% fiber, 20.0% protein, 4.0% ash and 6.0% moisture (Wang *et al.*, 2008). Linseed oil contains up to 65.0% α -linolenic acid and polymerizes rapidly with exposure to oxygen, making it suitable for industrial purposes such as the production of paints, linoleum, varnishes, inks and cosmetics (Hall *et al.*, 2016). Linseed oil is an important oil for human health due to its containing polyunsaturated fatty acids and additionally, it contains antioxidants and phytosterols. It is a valuable animal feed oil and its by-products are evaluated as fiber (Bekhit *et al.*, 2018).

Seed germination and emergence are among the most important physiological stages in crop plants. From these growth stages, seed germination performance both directly and indirectly affects crop establishment, crop health and ultimately crop yield (Lamichhane *et al.*, 2018). Biotic and abiotic stress factors such as viruses, bacteria, fungi, insects, weeds, drought, and salinity can greatly affect seed germination and seed emergence. Salt and water stresses are responsible for both inhibition or delayed seed germination and seedling establishment (Murillo-Amado *et al.*, 2002).

Drought and salt stress are major threats to plant cultivation. Almost every aspect of plant physiology and cellular metabolism is affected by salt and drought stress in plant production (Mahajan and Tuteja, 2005). Stress is increasing due to changes in global climate and increased irrigation practices. 118 countries covering 85% of global land area, it shows that more than 424 million hectares of topsoil (0-30 cm) and 833 million hectares of subsoil (30-100 cm) are salt-affected. (FAO, 2023a). Similarly, drought stress is one of the most challenging issues for agriculture due to the effects of climate change. Currently, 2.3 billion people live in water-stressed countries and agriculture is responsible for 72.0% of global freshwater use (FAO, 2023b).

Salt stress is a very complex abiotic stress that negatively affects germination and seedling development. Abundant water is needed for the germination of seeds. Salinity stress can cause osmotic stress, which reduces the amount of water available to plants, and ionic stress, which causes the amount of

ions to reach a toxic level (Muchate *et al.*, 2016; Qayyum *et al.*, 2019). Continuation of ionic and osmotic stress can cause oxidative stress (Liang *et al.*, 2018) and toxicity (Niu *et al.*, 1995). Plants are much more sensitive to salinity stress during seed germination and early seedling development to achieve healthy growth (Sevgi and Leblebici, 2023). In studies conducted on linseed, as in many plant species, seed germination and early seedling development under salinity stress were significantly affected by salinity stress (Kadkhodaie and Bagheri, 2011; Guo *et al.*, 2013; Qayyum *et al.*, 2015;; Kiremit *et al.*, 2017; Moghaddam *et al.*, 2018; Kocak *et al.*, 2022). In linseed, salinity stress prevented germination through osmotic and toxic effects, and lipid mobilization was delayed in the early germination stage (Sebei *et al.*, 2007). Guo *et al.* (2014) reported that salinity stress caused osmotic stress and ion damage in linseed. In addition, genetic diversity in plants is important in terms of salinity tolerance (Deinlein *et al.*, 2014). Previous studies showed that germination and seedling development in linseed under different salinity stress levels depends on genotype (Sebei *et al.*, 2007; Qayyum *et al.*, 2015; Kocak *et al.*, 2022).

Drought is the major cause of crop yield loss among abiotic factors around the World (Begna, 2020). Plants can be negatively affected by drought in all stages of growth, but the first and most important effect is on seed germination (Fahad *et al.*, 2017). The amount of water required for seed germination decreases significantly with increasing osmotic stress levels (Heikal *et al.*, 1982). Drought limits the cell growth process mainly due to the loss of turgor (Taiz and Zeiger, 2008). Selection of drought tolerance at the early seedling stage is often accomplished using simulated drought caused by chemicals such as polyethylene glycol (PEG6000) (Almaghrabi, 2012). Numerous studies were conducted to examine the effect of water stress on seed germination. In general, the germination ability of seeds decreases as water stress increases, and similar results were obtained in studies conducted on flax (Heikal *et al.*, 1982; Mostafavi *et al.*, 2011; Guo *et al.*, 2012; Guo, 2013). Although the effects of salinity and drought on germination and early seedling development in linseed have been investigated, significant differences were found among genotypes in response to these stress factors. Understanding how new improved varieties respond to stress factors such as drought and salinity,

which are thought to increase with climate change, may guide breeders in coping with stress conditions.

The main aim of this study was to compare the effects of induced salt and drought stress on germination and early seedling growth in different linseed varieties.

MATERIAL AND METHOD

This research was carried out in the Seed laboratory of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, University of Tekirdağ Namık Kemal, Türkiye, in 2023. Five varieties of linseed including Kara Kız, Beyaz Gelin, Sarı Dane, Cemre and Efe were used as the experimental material. Seeds of the varieties were provided by the Thrace Agricultural Research Institute, Edirne.

In two separate experiments, the effect of salt and drought stresses induced by different osmotic potential levels of NaCl and polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) treatments on the seed germination and early seedling development of linseed varieties were studied. In the first experiment, the factor was NaCl levels (0, 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0 dSm⁻¹ electrical conductivity). In the second experiment, the factor was PEG levels (0, 0.25, 0.50 and 0.75 MPa). The experiments were arranged in a two-factor, Completely Randomized Design (CRD) with three replications. At each level of stress, 20 seeds of the varieties were selected and surface sterilized in 4.0% sodium hypochlorite (NaClO) solution for 15 min (Wanasundara *et al.*, 1999). The seeds were then washed in distilled water five times. Twenty seeds were placed on two layers of sterile filter paper (Whatman No.1) in 9.0 cm-diameter sterile petri dishes which contained 10 ml of NaCl and PEG solutions. Petri dishes were covered with cling film to prevent evaporation. All seeds were germinated in the climate chamber (temperature, 22.0± 1°C; relative humidity, 78.0 ± 2.0% in the dark). The numbers of germinated seeds were recorded every day (Ellis and Roberts (1980). Seeds were considered germinated when the emergent radical reached 2 mm in length according to

Mostafavi (2011). The names and descriptions of measurements for linseed were:

Germination rate (GR)% (No. of germinated seeds/No. of total seeds) x 100.

Mean germination time (MGT) $MGT = \sum(fx) / \sum f$

Where, f is the number of germinated seeds in the day of counting; x is number of days (Ellis and Roberts, 1980).

Every day the number of seeds germinated (2.0 mm radical) was recorded for 7 days and continued on the 10th days as root and shoot measurements.

Root length (RL) and shoot length (SL) were measured with a ruler (in cm).

Root fresh weight (RFW) and shoot fresh weight (SFW) were measured in mg with an analytical balance (Mettler Toledo, Switzerland).

Root and shoot tissues were dried to a constant weight at 70.0 °C for 48 h in an oven (Bohm, 1979). Root dry weight (RDW) and shoot dry weight (SDW) were measured in mg with an analytical balance.

Since root and shoot development did not occur after 8.0 dSm⁻¹ NaCl level and 0.25 Mpa PEG stress level in some linseed varieties used in the experiment, the data from these treatments were not evaluated in the study.

Data were statistically analyzed using analysis of variance with the JMP Pro 16.0 (SAS Institute Inc.) program. The differences between the means were analyzed with the least significant difference (LSD) test ($P \leq 0.05$) (Steel and Torrie, 1981).

RESULTS AND DISCUSSION

Salt Stress Experiment: Significant differences ($p \leq 0.05$) were recorded among the linseed varieties at different NaCl salt stress levels for GR, MGT, RL, RFW, RDW, SL, SFW, and SDW (Table 1).

Table 1. Germination rate (%), mean germination time (day), root length (cm), root fresh weight (mg), root dry weight (mg), shoot length (cm), shoot fresh weight (mg), shoot dry weight (mg) of linseed varieties at different salinity levels.

Çizelge 1. Farklı tuzluluk düzeylerindeki keten tohumu çeşitlerinin çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün), kök uzunluğu (cm), yaş kök ağırlığı (mg), kuru kök ağırlığı (mg), sürgün uzunluğu (cm), yaş sürgün ağırlığı (mg), kuru sürgün ağırlığı (mg).

Salinity levels (dSm ⁻¹), Tuzluluk seviyeleri levels (dSm-1)	Beyaz Gelin	Cemre	Efe	Kara Kız	Sarı Dane	Mean/Ortalama
Germination rate (%) / Çimlenme oranı (%)						
0	96.6 abc	95.0 a-d	98.3 ab	86.6 d-g	96.6 abc	94.6 a
2	96.6 abc	91.6 a-e	96.6 abc	88.3 c-f	100 a	94.6 a
4	96.6 abc	98.3 ab	96.6 abc	85.5 efg	95.0 a-d	94.3 a
8	98.3 ab	100 a	96.6 abc	81.6 fg	95.0 a-d	94.3 a
12	98.3 ab	91.6 a-e	95.0 a-d	83.3 efg	96.6 abc	92.3 a
16	88.3 c-f	91.6 a-e	96.6 abc	60.0 h	95.0 a-d	86.3 b
20	66.6 h	78.3 g	88.7 b-g	35.0 ı	90.0 b-f	71.7 c
Mean	91.6 a	91,9 a	95.5 a	74.2 b	95.4 a	89.7
CV:6.53	LSD: varieties: 4.41***	salinity level: 4.28***	varieties x salinity level: 9.58***			
Mean germination time (day) / Ortalama Çimlenme süresi (gün)						
0	2.0 ı-l	2.0 ı-l	1.8 k-n	2.0 ı-m	1.9 j-n	1.9 e
2	2.0 ı-l	1.8 j-n	1.9 ı-m	1.9 ı-m	1.8 lmn	1.9 e
4	1.9 ı-n	1.8 lmn	1.6 n	2.0 ı-m	1.9 ı-n	1.8 e
8	3.2 ef	1.9 ı-m	1.7 m-n	2.5 h	2.1 ijk	2.3 d
12	2.1 ij	2.5 h	2.1 ijk	3.0 fg	2.6 h	2.4 c
16	2.9 fg	2.2 ı	2.0 ijk	3.3 de	2.9 g	2.7 b
20	4.5 a	3.9 b	3.5 cd	3.9 b	3.6 c	3.9 a
Mean	2.6 a	2.3 c	2.1 c	2.6 a	2.4 b	2.4
CV:6.64	LSD: varieties:0.19***	salinity level:0.12***	varieties x salinity level:0.26***			
Root length (cm) / Kök uzunluğu (cm)						
0	6.40 a	3.10 hı	4.66 d	5.10 c	4.43 de	4.74 a
2	4.26 e	3.16 hı	4.36 de	5.33 bc	5.53 b	4.53 b
4	3.83 f	3.80 fg	3.43 gh	4.06 ef	6.23 a	4.27 c
8	3.20 hı	1.40 k	3.26 hı	2.53 j	3.00 ı	2.68 d
Mean	4.42 b	2.86 d	3.93 c	4.25 b	4.80 a	4.05
CV:5.78	LSD: varieties:0.18***	salinity level:0.17***	varieties x salinity level:0.39***			
Root fresh weight (mg) / Yaş kök ağırlığı (mg)						
0	12.56 bc	8.53 f	9.66 e	12.80 bc	10.43 de	10.80 a
2	11.00 d	7.26 g	7.33 g	13.23 ab	12.06 c	10.18 b
4	9.96 e	8.60 f	6.63 g	9.93 e	13.90 a	9.80 c
8	8.66 f	3.86 ı	5.70 h	7.00 g	5.33 h	6.11 d
Mean	10.55 a	7.06 b	7.33 b	10.74 a	10.43 a	9.22
CV:5.30	LSD: varieties:0.53***	salinity level:0.36***	varieties x salinity level:0.81***			
Root dry weight (mg) / Kuru kök ağırlığı (mg)						
0	1.40 ab	0.50 h	0.91 ef	1.13 cd	1.10 cd	1.00 a
2	0.91 ef	0.46 h	0.83 ef	1.23 bc	1.53 a	0.99 a
4	0.75 fg	0.53 h	0.54 h	0.96 de	0.76 fg	0.71 b
8	0.62 gh	0.20 ı	0.47 h	0.50 h	0.50 h	0.46 c
Mean	0.92 a	0.42 c	0.69 b	0.95 a	0.97 a	0.79
CV:12.77	LSD: varieties:0.08***	salinity level:0.07***	varieties x salinity level:0.16***			
Shoot length (cm) / Sürgün uzunluğu (cm)						
0	8.50 a	4.56 l	6.66 ef	10.43 a	7.70 c	7.57 a
2	6.23 fg	5.50 ij	5.66 hı	8.23 b	8.36 b	6.80 b
4	5.16 jk	6.13 gh	5.50 ij	7.13 de	7.53 cd	6.29 c
8	4.86 kl	2.30 n	3.63 m	4.80 kl	3.36 m	3.79 d
Mean	6.19 c	4.62 e	5.36 d	7.65 a	6.74 b	6.11
CV:4.69	LSD: varieties:0.30***	salinity level:0.21***	varieties x salinity level:0.47***			
Shoot fresh weight (mg) / Yaş sürgün ağırlığı (mg)						
0	70.60 b	46.06 kl	66.66 d	86.33 a	56.00 g	65.13 a
2	61.20 e	49.30 ı	58.53 f	69.53 bc	67.63 cd	61.24 b
4	52.73 h	59.30 ef	55.70 g	60.26 ef	68.86 bcd	59.37 c
8	48.66 ij	29.30 m	43.90 l	47.13 ijk	46.60 jk	43.12 d
Mean	58.30 b	45.99 d	56.20 c	65.81 a	59.77 b	57.21
CV:2.41	LSD: varieties:1.51***	salinity level:1.03***	varieties x salinity level:2.30***			
Shoot dry weight (mg) / Kuru sürgün ağırlığı (mg)						
0	5.96 b	2.83 hı	6.00 b	7.23 a	4.90 c	5.38 a
2	3.86 ef	3.30 gh	4.40 d	6.00 b	5.70 b	4.65 b
4	2.73 ı	4.33 de	3.76 fg	5.00 c	5.03 c	4.17 c
8	2.06 j	2.00 j	3.46 fg	2.76 ı	4.26 de	2.91 d
Mean	3.65 c	3.11 d	4.40 b	5.25 a	4.97 a	4.28
CV:6.80	LSD: varieties:0.37***	salinity level:0.21***	varieties x salinity level:0.48***			

CV: Coefficient of variation, LSD: Least significant difference, ***:Significant at 0.1%. Different letters indicate significant differences according to LSD test ($P \leq 0.05$)

Germination rate (GR-%)

GR was significantly affected by salinity levels, where increases in the severity of salinity stress reduced GR (Table 1, Figure 1). While no significant differences were observed under salinity levels 0 (control), 2.0, 4.0, 8.0 and 12.0 dS m⁻¹, increasing salinity to higher levels did affect GR. Over 90.0% of the seeds germinated at the lower salinity levels. GR decreased when salinity stress increased above 12.0 dS m⁻¹. The lowest GR (71.7%) was obtained at 20.0 dS m⁻¹ salinity level. These results showed that the varieties used may be salt tolerant in terms of GR because 12.0 dS m⁻¹ salinity stress is an environment that can cause osmotic and oxidative stress. Zeng *et al.* (2015) reported that salinity stress negatively affects plant metabolism through ion toxicity, osmotic stress and oxidative stress. Similarly, researchers stated that GR was diminished by salinity stress in linseed (Sebei *et al.*, 2007; Kadkhodaie and Bagheri, 2011; Guo, 2013; Qayyum *et al.*, 2015; Kiremit *et al.*, 2017; Moghaddam *et al.*, 2018; Kocak *et al.*, 2022). The differences between the mean GR of linseed varieties were significant. Except for the Kara Kız variety, the GRs of the other varieties were found to be high and were included in the same statistical group. The highest mean GR across all levels of stress belonged to the Efe variety (95.5%) and the lowest was for the Kara Kız variety (74.2%). In addition, interaction means showed

maximum GR (100%) was present in the Sarı Dane (2.0 dS m⁻¹) and Efe (8.0 dS m⁻¹) varieties (Figure 1). These results show that linseed varieties have different salt tolerance and that genotype selection in terms of salt stress resistance is important in linseed breeding. Similarly, genotypes responded differently to salinity stress in other salt tolerance studies conducted with linseed (Sebei *et al.*, 2007; Qayyum *et al.*, 2015; Mahdavi and Alasyandyari, 2018; Kocak *et al.*, 2022).

Mean germination time (MGT-day)

MGT varied between 1.9 and 3.9 days at different salinity levels. No statistical difference was observed at 0, 2.0 and 4.0 dS m⁻¹ salinity levels and germination occurred in the shortest time (Table 1, Figure 1). After 4.0 dS m⁻¹ salinity stress, MGT gradually lengthened. The longest MGT was related to 20.0 dS m⁻¹ salinity stress. Oxidative stress may have occurred with increased salt stress, and as a result of oxidative stress, the seed may have taken longer to absorb and use water. Similarly, researchers reported that MGT increased with increasing salt stress (Kaya *et al.*, 2008; Balkan *et al.*, 2015; Desheva *et al.*, 2020). Efe variety germinated in the shortest time (2.1) days, while the Kara Kız and Beyaz Gelin varieties germinated in the longest time (2.6) days. When interaction was examined, the Efe variety germinated at 4.0 dS m⁻¹ salinity level in 1.6

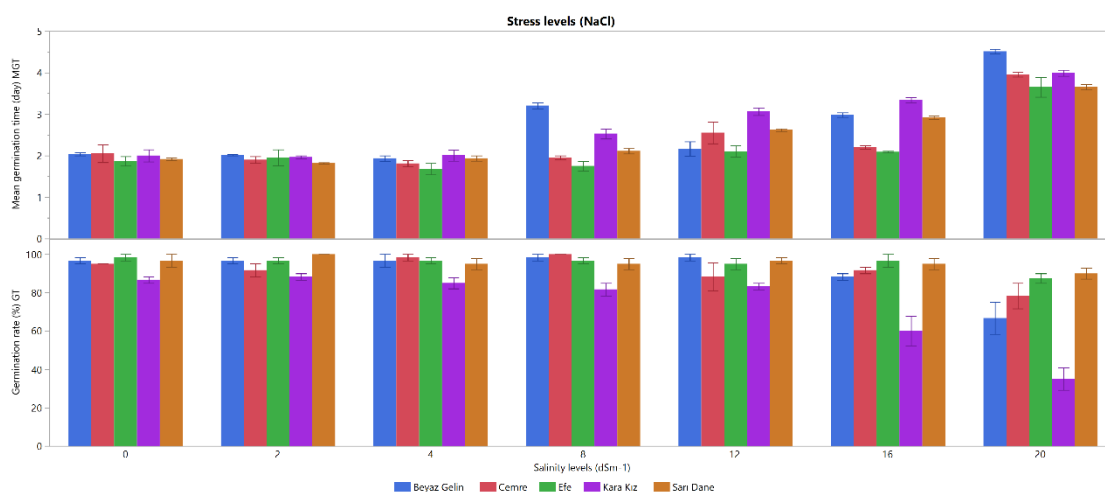


Figure 1. Germination rate (GR) and mean germination time (MGT) of five linseed varieties (Beyaz Gelin, Cemre, Efe, Kara Kız, Sarı Dane) under different NaCl Stress.

Şekil 1. Farklı tuz stresi altında beş keten çeşidinin (Beyaz Gelin, Cemre, Efe, Kara Kız ve Sarı Dane) çimlenme oranı (ÇÖ) ve ortalama çimlenme zamanı (OÇZ).

Root length (RL-cm) and shoot length (SL-cm)

By increasing the salinity levels, the lengths of root and shoot decreased. The longest RL (4.74 cm) and SL (7.57 cm) were determined for 0 (Control), followed by (2.0 -4.0) dS m⁻¹. RL and SL decreased especially after 4.0 dS m⁻¹ salinity stress (Table 1, Figure 2). The reason for this decrease in RL and SL may be physiological drought stress caused by salinity. Sodium ions enter the roots passively, so root cells must use energy to actively expel Na⁺ back into the external solution (Taiz and Zeiger, 2008). Root and shoot length provide important information about the plant's response to salt stress (Jamil *et al.*, 2006) because roots are in direct contact with soil and absorb water from the soil and supply it to the rest of the plant (Moghaddam *et al.*, 2018). Researchers reported that salinity negatively affected root and shoot length in germination studies on linseed (Kaya *et al.*, 2012; Kiremit *et al.*, 2017; Mahdavi and Alasyandyari, 2018; Kocak *et al.*, 2022). The highest RL (4.80 cm) was determined for the Sarı Dane variety and SL (7.65 cm) was determined for the Kara Kız variety at all salinity levels. The lowest RL (2.86 cm) and SL (4.62 cm) belonged to the Cemre variety. For the interaction of varieties and salinity levels, the highest RL belonged to the Beyaz Gelin (6.40 cm/Control) and Sarı Dane (6.23 cm/4.0 dS m⁻¹) varieties, and the highest SL was for the Kara Kız (10.43 cm/Control) and Beyaz Gelin (8.50 cm/Control) varieties. In terms of RL and SL, Cemre variety was the most sensitive to stress. RL and SL are important parameters in determining linseed varieties that are resistant to salinity. Kiremit *et al.* (2017) reported in their study that root length is an important criterion in selecting salinity-resistant flax. Researchers reported that the responses of flax and linseed genotypes to salinity are different (Kaya *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2021).

Root fresh weight (RFW-mg), root dry weight (RDW-mg), shoot fresh weight (SFW-mg) and shoot dry weight (SDW-mg)

According to Table 1, by increasing the salinity levels, RFW, RDW, SFW and SDW gradually decreased. A striking decrease was observed, especially after 4.0 dS m⁻¹ salt stress (Figure 2).

The highest RFW, RDW, SFW and SDW belonged to control and the lowest was for 8.0 dS m⁻¹ level of salinity. These results show that root and shoot growth of linseed were significantly affected by low salinity levels. Decreases in root and shoot development due to the increase in the salt concentration are caused by physicochemical effects or by osmotic-toxic salts that exist in saline solutions (Moghaddam *et al.*, 2018). Increasing the salt concentration in water reduces the osmotic potential by increasing electrical conductivity (Taiz and Zeiger, 2008). The decreases in RFW, RDW, SFW and SDW can be attributed to the increase in osmotic pressure in the germination medium, resulting in a decrease in water potential and growth inhibition related to osmotic effects under salt stress (Munns, 2002). Findings by Moghaddam *et al.* (2018) for flax confirm our research results, reporting that high salinity levels caused a significant reduction in seed germination and seedling length at the early growth stage. Kocak *et al.* (2022) reported that salinity negatively affected the early growth stage in of flax. The highest RFW, RDW, SFW and SDW in variety averages were found for the Kara Kız, Sarı Dane and Beyaz Gelin varieties. Cemre variety had the lowest value in terms of these characteristics. Considering these results, Cemre variety is sensitive to salinity. For the interaction of varieties and salinity levels, the highest RFW and RDW belonged to control and low salinity levels in the Sarı Dane variety and the lowest related to (8.0) dS m⁻¹ for all varieties. The highest SFW and SDW development was observed in control with the the Kara Kız variety. In the interaction, the lowest RFW, RDW, SFW and SDW were obtained for the Cemre variety. It was the most sensitive genotype among the varieties used in the study. In their study with flax varieties, Kocak *et al.* (2022) reported that salt stress is important for the germination of flax plants and that there are differences among varieties. Mahdavi and Alasvandyari (2018) reported that salinity stress reduced the germination and seedling growth characteristics of different flax ecotypes and that genotypes were affected differently by salt stress.

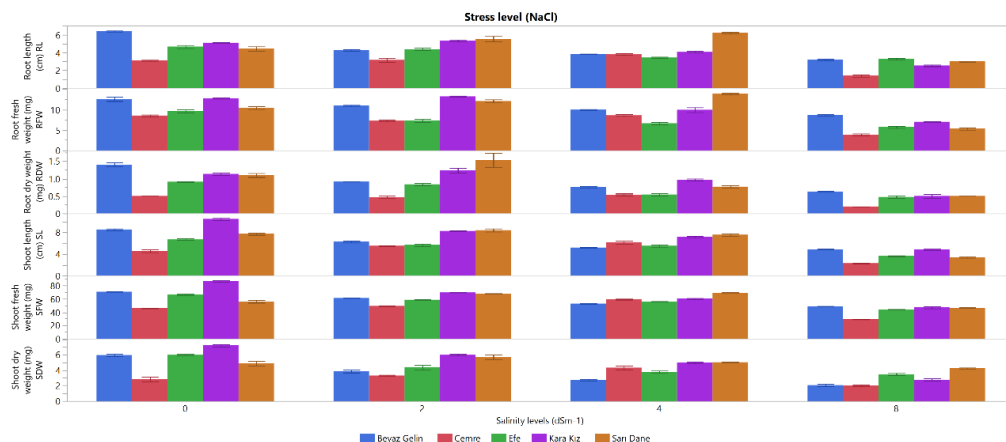


Figure 2. Effects of different NaCl stress on root length (cm), root fresh weight (RFW-mg), root dry weight (RDW-mg), shoot length (cm), shoot fresh weight (SFW-mg) and shoot dry weight (SDW-mg) in five linseed varieties.

Şekil 2. Beş keten çeşidinde farklı NaCl stresinin kök uzunluğu (cm), yaş kök ağırlığı (YKA-mg), kuru kök ağırlığı (KKA-mg), sürgün uzunluğu (cm), yaş sürgün ağırlığı (YSA-mg) ve kuru sürgün ağırlığı (KSA-mg)'nda etkileri.

Drought Stress Experiment

Significant differences ($p \leq 0.05$) were recorded among the linseed varieties at different concentrations of PEG for GR, MGT, RL, RFW, RDW, SL, SFW, and SDW (Table 2).

Germination rate (GR-%)

According to the results, GR decreased after 0.25 MPa drought stress. The lowest GR occurred at 0.75 MPa. Guo *et al.* (2012) reported that the germination percentage of seeds was severely reduced by increasing PEG concentrations, ceasing altogether at 0.36 MPa PEG. However, in our study, germination completely stopped at 1.00 MPa PEG concentration. Drought may have caused cell dehydration and osmotic imbalance because almost every aspect of plant physiology and cellular metabolism is affected by drought stress (Mahajan and Tuteja, 2005). Similar studies on linseed also showed that GR decreases with increasing drought stress (Kadkhodaie and Bagheri, 2011; Guo, 2013). The responses of varieties to drought stress in terms of GR were different. The highest GR belonged to the Beyaz Gelin variety (93.7%) and the lowest was obtained with the Kara Kız variety (73.7%). Similarly, in a germination study conducted with four linseed varieties, there were significant differences among the varieties in terms of drought resistance (Mahfouze *et*

al., 2017). These results are similar to those of Mostafavi (2011), linseed varieties responded differently to drought during germination and early seedling development. When the interaction was examined, the GR of the Kara Kız variety was lower than all other varieties. The highest GR belonged to 0 (Control) for all varieties, except the Kara Kız variety (Table 2, Figure 3).

Mean germination time (MGT-day)

According to the results, no statistical difference was recorded in MGT under 0.25 drought stress. However, by increasing osmotic potential, MGT gradually lengthened. The highest MGT (2.49) was found with 0.75 MPa drought stress (Table 2, Figure 3). Similarly, drought stress increased the average germination time in crop plants (Willenborg *et al.*, 2004; Khodarahmpour, 2011) because osmotic stress may have delayed the water uptake of the seed. When the MGTs of the varieties were examined, the Sarı Dane variety germinated in the shortest time (1.5) days, while the Kara Kız variety germinated in the longest time (2.3) days. When the interaction was examined, the shortest MGT was observed for Beyaz Gelin, Efe and Sarı Dane varieties at 0 (Control) and 0.25 MPa drought stress. The longest MGT was observed for Beyaz Gelin, Cemre, Efe and Kara Kız varieties under 0.75 MPa drought stress.

Table 2. Germination rate (%), mean germination time (day), root length (cm), root fresh weight (mg), root dry weight (mg), shoot length (cm), shoot fresh weight (mg), shoot dry weight (mg) of linseed varieties at different drought stress levels.

Çizelge 2. Farklı kuraklık stresi seviyelerindeki keten tohumu çeşitlerinin çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün), kök uzunluğu (cm), yaş kök ağırlığı (mg), kuru kök ağırlığı (mg), sürgün uzunluğu (cm), yaş sürgün ağırlığı (mg), kuru sürgün ağırlığı (mg).

Drought stress level (MPa), Kuraklık stress seviyesi (MPa)	Beyaz Gelin	Cemre	Efe	Kara Kız	Sarı Dane	Mean/Ortalama
	Germination rate (%) / Çimlenme oranı (%)					
0	98.3 a	95.0 abc	96.6 ab	85.0 d-h	98.3 a	94.6 a
0.25	96.6 ab	91.6 a-e	91.6 a-e	76.6 h	95.0 abc	90.3 b
0.50	93.3 a-d	88.3 b-f	83.3 e-h	66.6 ı	88.3 b-f	84.0 c
0.75	86.6 c-g	78.3 gh	53.3 j	66.6 ı	81.6 fgh	73.3 d
Mean	93.7 a	88.3 ab	81.2 b	73.7 c	90.8 a	85.5
CV:6.99	LSD: varieties: 7.16*** drought level: 3.88*** varieties x drought level:8.67***					
	Mean germination time (day)/ Ortalama çimlenme süresi (gün)					
0	1.4 hı	1.8 fgh	1.1 ı	1.9 ef	1.3 ı	1.5 c
0.25	1.3 ı	1.9 efg	1.5 ghi	2.1 def	1.4 hı	1.6 c
0.50	2.4 a-d	2.2 b-f	2.2 c-f	2.6 ab	1.4 hı	2.2 b
0.75	2.6 a	2.7 a	2.3 a-e	2.5 abc	2.1 def	2.4 a
Mean	1.9 b	2.1 a	1.8 c	2.3 a	1.5 d	1.9
CV:12.24	LSD: varieties: 0,15** drought level: 0.19*** varieties x drought level:0.43***					
	Root length (cm)/ Kök uzunluğu (cm)					
0	11.46 b	7.56 d	11.10 b	12.60 a	9.83 c	10.51 a
0.25	9.30 c	5.23 f	6.10 e	6.16 e	5.46 f	6.45 b
Mean	10.38 a	6.40 e	8.60 c	9.38 b	7.65 d	8.48
CV:3.93	LSD: varieties:0.70*** drought level: 0.27*** varieties x drought level:0.60***					
	Root fresh weight (mg)/ Yaş kök ağırlığı (mg)					
0	6.00 a	3.03 d e	5.33 b	4.96 b	4.33 c	4.73 a
0.25	4.13 c	1.43 f	3.23 d	2.76 e	1.53 f	2.62 b
Mean	5.06 a	2.23 e	4.28 b	3.86 c	2.93 d	3.67
CV:6.62	LSD: varieties:0.36*** drought level:0.19*** varieties x drought level:0.44*					
	Root dry weight (mg)/ Kuru kök ağırlığı (mg)					
0	0.90 b c	0.56 d	0.86 c	1.00 ab	1.03 a	0.87 a
0.25	0.50 d	0.26 e	0.36 e	0.36 e	0.33 e	0.36 b
Mean	0.70 a	0.41 c	0.61 b	0.68 a b	0.68 a b	0.62
CV:11.77	LSD: varieties: 0.074*** drought level: 0.059*** varieties x drought level: 0.13**					
	Shoot length (cm)/ Sürgün uzunluğu (cm)					
0	7.33 b	4.50 e	5.83 c	10.06 a	7.10 b	6.96 a
0.25	5.16 d	2.40 f	4.83 d e	5.96 c	2.80 f	4.23 b
Mean	6.25 b	3.45 d	5.33 c	8.01 a	4.95 c	5.6
CV:4.34	LSD: varieties: 0.41*** drought level: 0.19*** varieties x drought level: 0.44***					
	Shoot fresh weight (mg)/ Yaş sürgün ağırlığı (mg)					
0	48.63 c	45.90 d	49.26 c	82.40 a	53.16 b	55.87 a
0.25	35.86 f	21.00 h	41.66 e	49.30 c	26.90 g	34.94 b
Mean	42.25 c	33.45 e	45.46 b	65.85 a	40.03 d	45.41
CV:3.01	LSD: varieties: 2.07*** drought level: 1.11*** varieties x drought level: 2.49**					
	Shoot dry weight (mg)/ Kuru sürgün ağırlığı (mg)					
0	4.23 c	2.96 e	4.96 b	7.76 a	4.76 b	4.94 a
0.25	3.46 d	2.10 f	4.16 c	4.83 b	2.50 f	3.41 b
Mean	3.85 c	3.53 d	4.56 b	6.30 a	3.63 c	4.17
CV:5.63	LSD: varieties: 0.32*** drought level: 0.19*** varieties x drought level: 0.42***					

CV: Coefficient of variation, LSD: Least significant difference, **:Significant at 1%. Different letters indicate significant differences according to LSD test (P≤0.05)

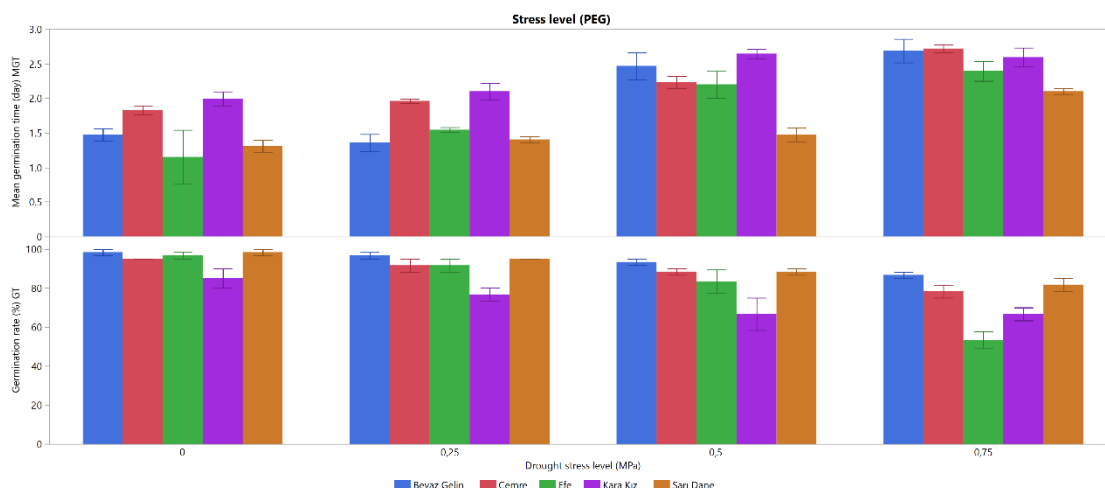


Figure 3. Germination rate (GR) and mean germination time of five linseed varieties (Beyaz Gelin, Cemre, Efe, Kara Kız and Sarı Dane) under different drought stress (PEG).

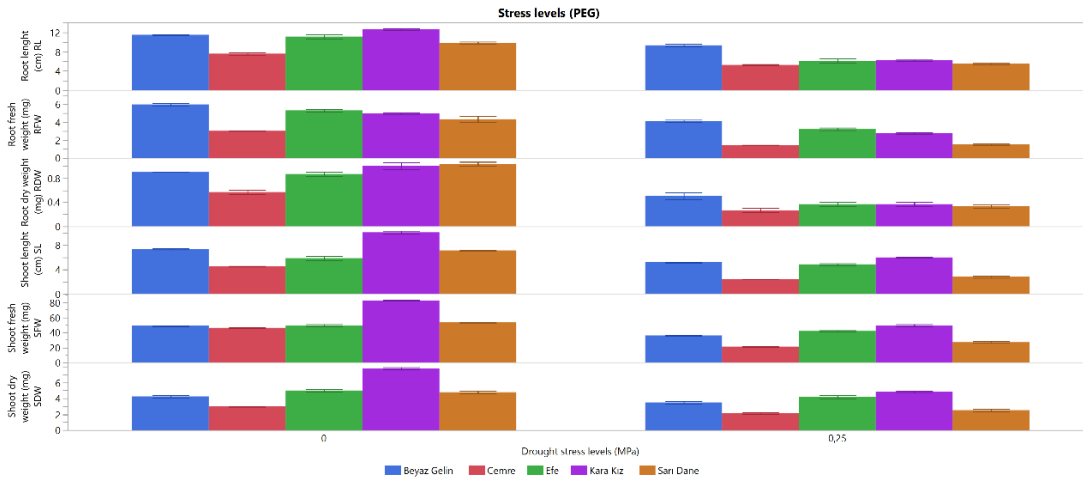
Şekil 3. Farklı kuraklık stresi (PEG) altında beş keten çeşidinin (Beyaz Gelin, Cemre, Efe, Kara Kız ve Sarı Dane) çimlenme oranı (ÇO) ve ortalama çimlenme zamanı (OÇZ).

Root length (RL-cm) and shoot length (SL-cm)

Linseed varieties examined in the study were sensitive to drought in terms of RL and SL. Even at 0.25 MPa drought stress, there were significant decreases in RL and SL (Table 2, Figure 4). The highest RL and SL were obtained in the 0 (Control), and the lowest RL and SL were obtained under 0.25 MPa drought stress. The reason why drought stress negatively affects root and shoot development may be due to the decrease in cell division and expansion (Bahrami *et al.*, 2012). In a study conducted on linseed, the relative growth rate and water content decreased with increasing PEG concentration. Additionally, the percentages of the main inorganic ions involved in osmotic regulation changed under water stress in root and shoot (Guo *et al.*, 2012). These results may explain the reason for the decrease in root and shoot development obtained in the study. In similar studies conducted on linseed, PEG drought stress negatively affected root and shoot development (Mostafavi, 2011; Guo, 2013). The average RL and SL of the varieties obtained from the study were significantly different. The highest RL (10.38 cm) was obtained from the Beyaz Gelin variety, the highest SL (8.01 cm) was obtained from the Kara Kız variety, and the lowest SL (3.45 cm) and RL (6.40 cm) were obtained from Cemre variety. Mostafavi (2011) reported that there were significant differences in terms of drought resistance among the varieties in studies conducted with four different flax varieties. When the interactions were examined, the highest RL (12.60 cm) and SL (10.06 cm) were obtained from the Kara Kız variety in the 0 (Control) application.

Root fresh weight (RFW-mg), root dry weight (RDW-mg), shoot fresh weight (SFW-mg) and shoot dry weight (SDW-mg)

As the drought stress applied in the experiment increased, the values obtained for RFW, RDW, SFW and SDW decreased. The highest RFW (4.73 mg), RDW (0.87 mg), SFW (55.87 mg) and SDW (4.94 mg) were obtained in 0 (Control) conditions (Table 2, Figure 4). The lowest RFW (2.62 mg), RDW (0.36 mg), SFW (34.94 mg) and SDW (3.41 mg) were determined with 0.25 MPa drought stress. Reductions in RFW, RDW, SFW and SDW could be due to reductions in root and shoot lengths. Drought stress may have directly affected growth as it reduces the absorption and utilization of water. Guo *et al.* (2012) found that shoot and root carbohydrate content decreased at the high PEG concentrations in the linseed. When the variety means were examined, the highest RFW (5.06 mg) and RDW (0.70 mg) were for the Beyaz Gelin variety, with highest SFW (65.85 mg) and SDW (6.30) mg for the Kara Kız variety. The Cemre variety had the lowest values in terms of RFW, RDW, SFW and SDW. When the interactions were examined, the highest RFW (6.00) mg was found in the Beyaz Gelin variety at 0 (Control). The highest RDW (1.03-1.00) mg, SFW (82.40) mg, and SDW (7.76) mg under 0 (Control) were found for the Kara Kız variety. The lowest RFW, RDW, SFW and SDW were observed in the Cemre variety at 0.25 MPa drought stress.



Şekil 4: Beş keten çeşidinde farklı kuraklık (PEG) stresinin kök uzunluğu (cm), yaş kök ağırlığı (YKA-mg), kuru kök ağırlığı (KKA-mg), sürgün uzunluğu (cm), yaş sürgün ağırlığı (YSA-mg) ve kuru sürgün ağırlığı (KSA-mg) üzerine etkileri.
Figure 4: Effects of different drought (PEG) stress on root length (cm), root fresh weight (RFW-mg), root dry weight (RDW-mg), shoot length (cm), shoot fresh weight (SFW-mg) and shoot dry weight (SDW-mg) in five linseed varieties.

CONCLUSION

Germination and early seedling growth were inhibited by increasing salinity and drought levels in the germination medium. It was concluded that the five linseed varieties (Kara Kız, Beyaz Gelin, Sarı Dane, Cemre and Efe) used in this study showed differential responses to salinity and drought stress. While no significant differences were observed under salinity levels 0 (Control), 2.0, 4.0, 8.0 and 12.0 dS m⁻¹, increasing salinity to higher levels did affect GR. The GR decreased when salinity stress increased above 12.0 dS m⁻¹. Except for the Kara Kız variety, the GRs of the other varieties were found to be high and were included in the same statistical group. Root and shoot growth significantly decreased, especially after 4.0 dSm⁻¹ salinity stress. All examined characteristics were statistically significantly affected by drought stress.

REFERENCES

- 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.
- Bahrami, H., J. Razmjoo, and A. O. Jafari. 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Agri. Sci.* 2(5):423-428.
- Balkan, A., T. Genctan, O. Bilgin, and H. Ulukan. 2015. Response of rice (*Oryza sativa* L.) to salinity stress at germination and early seedling stages. *Pak. J. Agri. Sci.* 52(2):453-459.

The GR of seeds was severely reduced by the increasing PEG concentrations, ceasing altogether. Linseed varieties examined in the study were sensitive to drought in terms of RL and SL. Even at 0.25 MPa drought stress, there were significant decreases in RL and SL. Considering these results, the linseed variety Sarı Dane can be recommended for cultivation in high salinity conditions, and the linseed variety Beyaz Gelin can be recommended for cultivation in high drought conditions. Further research is also needed to improve our understanding of the effects of salt and drought stress throughout the entire growth cycle of linseed varieties. The study we conducted is a study conducted during the germination and early seedling stages. However, the effects of salinity and drought should be tested by growing plants in advanced vegetative and generative periods.

- Begna, T. 2020. Effects of drought stress on crop production and productivity. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences* 6(9): 34-43.
- Bekhit, A. E. D. A., A. Shavandi, T. Jodjaja, J. Birch, S.Teh, I. A. M. Ahmed, F. Y. Al-Juhaimi, P. Saeedi and A. A. Bekhit. 2018. Flaxseed: Composition, detoxification, utilization, and opportunities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 13:129-152.
- Deinlein, U., A. B. Stephan, T. Horie, W. Luo, G. Xu, and J. I. Schroeder. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Sci.* 19(6):371-379.

- Desheva, G., G. N. Desheva, and S. K. Stamatov. 2020. Germination and early seedling growth characteristics of *Arachis hypogaea* L. under salinity (NaCl) stress. *Agriculturae Conspectus Sci.* 85(2):113-121.
- Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. English, Miscellaneous, UK, London, Seed production. 605-635.
- Fahad, S., A. A. Bajwa, U. Nazir, S. A. Anjum, A. Farooq, A. Zohaib, S. Sadia, W. Nasim, S. Adkins, S. Saud, M. Z. Ihsan, H. Alharby, C. Wu, D. Wang, and J. Huang. 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Sci.* 8:1147.
- FAO. 2023a. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global map of salt-affected soils. Available at: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/ar/> (22.12.2023).
- FAO. 2023b. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water Conference. Available at: <https://www.fao.org/newsroom/detail/United-Nations-2023-water-conference-FAO-hunger-drought-financing-mechanisms> (22.12.2023)
- FAO. 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World production linseed. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (05.08.2024).
- Guo, R., J. Zhou, G. Ren, and W. Hao. 2013. Physiological responses of linseed seedlings to iso-osmotic polyethylene glycol, salt, and alkali stresses. *Agronomy Journal* 105(3):764-772.
- Guo, R., J. Zhou, W. Hao, F. Gu, Q. Liu, H. Li, X. Xia and L. Mao. 2014. Germination, growth, chlorophyll fluorescence and ionic balance in linseed seedlings subjected to saline and alkaline stresses. *Plant Production Sci.* 17(1):20-31.
- Guo, R., W. Hao, and D. Gong. 2012. Effects of water stress on germination and growth of linseed seedlings (*Linum usitatissimum* L.), photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. *Journal of Agricultural Sci.* 4 (10):253.
- Hall, L. M., H. Booker, R. M. Siloto, A. J. Jhala, and R. J. Weslake. 2016. Flax (*Linum usitatissimum* L.). AOCS Press. In *Industrial Oil Crops*. ISBN: 978-1-893997-98-1:157-194.
- Heikal, M.M., M.A. Shaddad, A.M. Ahmed. 1982. Effect of water stress and gibberellic acid on germination of flax, sesame and onion seeds. *Biologia Plantarum* 24:124-129.
- Jamil, M., L. DeogBae, L. KwanYong, M. Ashraf, L. SheongChun, and R. E. EuiShik. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. *Journal of Central European Agriculture* 2:273-82.
- Jhala, A. J., and L. M. Hall. 2010. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust J Basic Appl Sci.* 4(9):4304-4312.
- Kadkhodaie, A. and M. Bagheri. 2011. Seed treatment during germination in linseed to overcome salt and drought stresses (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 5(1): 12-16.
- Kaya, M., G. Kaya, M. D. Kaya, M. Atak, S. Sağlam, K. M. Khawar, and C. Y. Ciftci. 2008. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University Science B.* 9:371-377.
- Kaya, M., S. Day, Y. Cikili, and N. Arslan. 2012. Classification of some linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes for salinity tolerance using germination, seedling growth, and ion content. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(1):37-32.
- 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.
- Kiremit, M. S., M. S. Hacıkamiloglu, H. Arslan, and K. Orhan. 2017. Farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin keten (*Linum usitatissimum* L.)'in çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 32(3):350-357.
- Kocak, M. Z., M. Göre, and O. Kurt. 2022. The effect of different salinity levels on germination development of some flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 10(4):657-662.
- Kocak, N. ve N. Bayraktar. 2011. Türkiye'de Keten Tarımı. *Ziraat Mühendisliği* (357):13-17.
- Lamichhane, J. R., P. Debaeke, C. Steinberg, M. P. You, M. J. Barbetti, and J. N. Aubertot. 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. *Plant and Soil* 432:1-28.
- Liang, W., X. Ma, P. Wan, and L. Liu. 2018. Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications.* 495(1):286-291.
- Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444(2):139-158.

- Mahdavi, B. and F. Alasvandyari. 2018. Germination and morphophysiological responses of flax (*Linum usitatissimum* L.) ecotypes to salinity stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding* 8(2):77-87.
- Mahfouze, H., S. Mahfouze, M. El-Enany, and M. Ottai. 2017. Assessment of flax varieties for drought tolerance. *Annu Res Rev Bio.* 21:1-12.
- Moghaddam, M., K. Babaei, and P. E. Saeedi. 2018. Germination and growth response of flax (*Linum usitatissimum*) to salinity stress by different salt types and concentrations. *Journal of Plant Nutrition* 41(5):563-573.
- Mostafavi, K. 2011. A study effects of drought stress on germination and early seedling growth of flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. *Advances in Environmental Biology* 3307-3312.
- Muchate, N. S., G. C. Nikalje, N. S. Rajurkar, P. Suprasanna, and T. D. Nikam. 2016. Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. *The Botanical Review* 82: 371-406.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment* 25(2):239-250.
- Murillo-Amador, B., R. López-Aguilar, C. Kaya, J. Larrinaga-Mayoraland, A. Flores-Hernández. 2002. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Sci.* 188(4):235-247.
- Niu, X., R. A. Bressan, P. M. Hasegawa, and J. M. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology* 109(3):735.
- Nykter, M., H. R. Kymäläinen, and F. Gates. 2006. Quality characteristics of edible linseed oil. *Agricultural and Food Science* 15(4):402-413.
- Pavelek, M., E. Tejklová, and M. Bjelková. 2015. Flax and linseed. *Industrial crops. breeding for bioenergy and bioproducts.* 233-263.
- Qayyum, M. A., F. Bashir, M. M. Maqbool, A. Ali, S. Bashir, and Q. Abbas. 2019. Implications of saline water irrigation for linseed on seed germination, seedling survival and growth potential. *Sarhad J. Agric.* 35(4): 1289-1297.
- Qayyum, M. A., J. Akhtar, Z. A. Saqib, and S. M. A. Basra. 2015. Phenotyping of linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes for potential against NaCl stress. *Soil & Environment* 34(2):200-206.
- Sebei, K., A. Debez, W. Herchi, S. Boukhchina, and H. Kallel. 2007. Germination kinetics and seed reserve mobilization in two flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars under moderate salt stress. *Journal of Plant Biology* 50:447-454.
- Sevgi, B., S. Leblebici. 2023. Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri ve geliştirilen tolerans mekanizmaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 11(3):1498-1516.
- Singh, A., S. Shekhar, S. Marker, and P. W. Ramteke. 2021. Changes in morpho-physiological attributes in nine genotypes of linseed (*Linum usitatissimum* L.) under different levels of salt (NaCl) stress. *Vegetos.* 34(3): 647-653.
- Steel, R. G., and J. H. Torrie. 1981. *Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach.* Ed. 2. McGraw-Hill Kogakusha. USA
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2008. *Plant Physiology and Development.* ISBN:0-87893-823-0. 611 s.
- Wang, Y., D. Li, L. J. Wang, Y. L. Chiu, X. D. Chen, Z. H. Mao, and C.F. Song. 2008. Optimization of extrusion of flaxseeds for *in vitro* protein digestibility analysis using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 85(1):59-64.
- Willenborg, C. J., R. H. Gulden, E. N. Johnson, and S. J. Shirliffe. 2004. Germination characteristics of polymer-coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress at different temperatures. *Agronomy Journal.* 96(3):786-791.
- Zeng, Y., L. Li, R. Yang, X. Yi, and B. Zhang. 2015. Contribution and distribution of inorganic ions and organic compounds to the osmotic adjustment in *Halostachys caspica* response to salt stress. *Scientific Reports* 5(1): 13639.

Patlıcan (Solanum melongena L.) Fidesi Üretiminde Organik ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Büyüme Parametreleri Üzerindeki Etkileri

Hakan KARTAL^{1*} **Ayşegül DURUKAN KUM²** **Sevtap DOKSÖZ BONCUKÇU³**

^{1,2,3}**Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat/TÜRKİYE**

¹<https://orcid.org/0000-0002-3870-1588>

²<https://orcid.org/0000-0001-5193-0628>

³<https://orcid.org/0000-0001-9938-3790>

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

Received (Geliş tarihi): 23.01.2025

Accepted (Kabul tarihi): 28.05.2025

ÖZ: Bu çalışmanın amacı patlıcan fidesi üretiminde organik ve inorganik uygulamaların büyüme parametreleri üzerine etkisi incelemiştir. Çalışmada BT Kobra F1 patlıcan çeşidi kullanılmış ve deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre viyol çalışması olarak üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada, EC (0.5-1.00), mikoriza (var (+) / yok (-)) ve vermikompost (% 0, 10 ve 20) dozları fide yetiştiriciliği için 2:1 oranında torf: perlit karışımına uygulanmıştır. Patlıcan fidelerine gelişim dönemleri boyunca makro ve mikro besinleri uygulanmıştır. Patlıcan tohumları viyollara ekim yapıldıktan yaklaşık 45 gün sonra fide sökümü yapılmıştır. Çalışma sonucunda EC ve EC*mikoriza interaksyonlarının, fide boyu, hipokotil boyu, yaprak sayısı, toprak üstü yaş ve kuru ağırlıklarında bir artış gözlenmiştir. Organik gübre karışımı arttıkça bitki yapraklarındaki azot, fosfor, potasyum ve magnezyum konsantrasyonlarında artışa neden olmuştur. Özellikle EC uygulamalarının mikoriza ve vermikompost uygulamalarına göre, incelenen özellikler açısından uygulamalar arasında önemli bir fark oluşturduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: EC, patlıcan, mikoriza, fide yetiştiriciliği, vermikompost.

Effects of Organic and Inorganic Fertiliser Applications on Growth Parameters in Eggplant (Solanum melongena L.) Seedling Production

ABSTRACT: The objective of this study was to examine the impact of organic, and inorganic treatments on growth parameters in eggplant seedling production. The present study employed the BT Cobra F1 eggplant cultivar, with the experiment conducted in three replicates as a seedling tray study in accordance with the random plots experimental design. In the present study, EC (0.5-1.00), mycorrhiza [present (+) / absent (-)], and vermicompost (0, 10 and 20 %) doses were applied to a peat:perlite mixture at a ratio of 2:1 for the cultivation of seedlings. Macro and micronutrients were administered to eggplant seedlings over the course of their developmental period. The eggplant seedlings were extracted approximately 45 days after sowing in the trays. The study revealed that there was an increase in seedling height, hypocotyl length, and the number of leaves, as well as an increase in above-ground wet, and dry weights in response to EC, and EC+mycorrhiza interactions. As the organic fertiliser mixture increased, so too did the concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, and magnesium in the leaves of the plants under investigation. The present study observed that EC treatments resulted in a significant difference between the treatments in terms of the examined characteristics when compared to mycorrhiza, and vermicompost treatments.

Keywords: EC, eggplant, mycorrhiza, seedling cultivation, vermicompost.

GİRİŞ

Günümüz koşullarında, uygun nitelikli çeşit seçimi ve üstün kaliteli fide kullanımı başarılı sebze yetiştiriciliğinde büyük bir öneme sahiptir (Arın, 2002). Kaliteli ve sağlıklı fide yetiştiriciliğinde ise yetiştirme ortamının seçimi son derece önemlidir. Ülkemizde yapılan sebze fidesi üretiminde uygun bir harcın olmaması ve geleneksel yöntemlerin

kullanılması bitkilerde strese neden olabilmektedir (Park ve ark., 2017). Ayrıca, torfun yaygın olarak kullanılan bir yetiştirme ortamı olmasına karşın, kaynaklarının sınırlı ve maliyetinin yüksek olması ile gelecekteki kullanımına yönelik endişeler, daha düşük maliyetli alternatif yetiştirme ortamlarına olan ihtiyacı artırmaktadır (Ulukapı ve Kaçar, 2020). Bu nedenlerle torfa alternatif materyaller değerlendirilerek torf

kullanım miktarlarının azaltılması sağlanabilir (Tüzel ve ark., 2021).

Bu alternatif materyallerden biri olan “Vermikompost” çeşitli organik atıkların solucan ve mikrobiyal faaliyetler tarafından biyolojik ayrışma yoluyla kompostlaştırılması süreci sonucunda elde edilen organik madde bakımından zengin humus benzeri organik bir üründür (Hepşen Türkay, 2010; Bellitürk, 2016). Vermikompost (Solucan gübresi), topraklarda bulunan solucanların beslenmek için vücutlarından atılan ve midesinden geçirilen besin açısından zengin bir materyaldir. Çevre dostu ve sürdürülebilir özellikleri nedeniyle tarımda gübre olarak kullanılmaktadır (Singh, 1997; Karaçal ve Tüfenkçi, 2010). Vermikompostun küçük ve orta ölçekli tarım işletmelerinde uygulanması, tarımsal üretim sürecinde ortaya çıkan atık maddelerin ticari değeri yüksek bir ürüne dönüştürülmesine olanak sağlamaktadır (Erşahin, 2007). Vermikompost ince dokulu, turba benzeri gözenekli bir yapıya, yüksek havalandırma, drenaj, su tutma kapasitesine ve mikrobiyal aktiviteye sahiptir. Vermikompost, bitki için gerekli olan bitki besin maddelerinin alımını artırdığı (Masciandro ve ark., 1997; Çıtak ve ark., 2011; Şahin ve ark., 2024), bitkinin verimi ve kök gelişimi üzerinde olumlu etkileri olduğu (Sahni ve ark., 2008; Mısırlıoğlu, 2011; Soylu ve ark., 2020; Kaya ve ark., 2022), tuzluluğun bitkiler üzerindeki toksik etkisini azalttığı (Demir ve Kıran, 2020), hastalık ve zararlıların yayılmasını engellediği (Arancon ve ark., 2005; Erşahin, 2007), topraktaki mikroorganizma popülasyonunu artırdığı (Arancon ve ark., 2006) ve toprağın fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiği (Zaller, 2007a,b; Singh ve ark., 2008; Parthasarathi ve ark., 2008; Warman ve Anglopez, 2010) yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Vermikompost, çok sayıda azot bağlayıcı bakteri (Azotobakter) (Blair ve ark., 1997; Cortez ve ark., 2000; Amador ve Görres, 2005; Amador ve ark., 2006; McDaniel ve ark., 2013), mikoriza içerir ve bu mikroorganizmalar toprağın biyolojik yapısını güçlendirir ve hareketliliğini kolaylaştırır (Kızılkaya, 2008).

Mikroorganizmalar, toprakta bulunan ve bitkiler tarafından kolayca alınamayan besin maddelerinin parçalanmasını kolaylaştırır ve böylece bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürür. Bunlara ek olarak, vermikompost son ürünü olan solucan dışkısı (vermikest) içerisinde çok sayıda enzim, vitamin, amino asit ve büyüme hormonu gibi biyomoleküller

bulunur. Bunlar, bitkilerin gelişimini hızlandırır ve olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılığını artırır (Demir ve ark., 2010). Yakın zamana kadar, toprakta yavaş emilim gösteren besin maddelerinin alımının sadece bitki kökleri tarafından yapıldığı bilinmektedir. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalar, bitki besin maddelerinin yalnız bitki kökleri tarafından değil, genellikle mikoriza olarak adlandırılan, mantar türleri tarafından da alındığı bildirilmiştir (Ortaş, 2012).

Mikoriza, belirli bitkilerin kökleriyle simbiyotik bir ilişki kuran ve mikroskop altında tespit edilebilen yüksek miktarda hif üreten mantar türleridir (Ortaş, 1997; Şahin ve ark., 2024). Botanik açıdan bakıldığında mikoriza, toprak kaynaklı mantarlar ile yüksek bitkilerin kökleri arasında karşılıklı fayda sağlayan bir ilişkiyi temsil eder (Smith ve Read, 2008). Mikorizalar, bitkilerin kökleriyle almakta zorlandığı fosforun rizosferden dokulara daha kolay aktarılmasını sağlar. Ayrıca, topraktaki diğer iyonlarla birleşerek oluşan trikalsiyum fosfat gibi tuzlar da mikoriza aracılığıyla bitki tarafından kullanılabilir. Mikorizanın hif yapısı, toprağa üstün fiziksel özellikler kazandırarak özellikle kurak koşullarda bitkilerin su kullanım kapasitesini artırır ve besin maddesi açısından fakir topraklarda besin madde alımını teşvik etmektedir (Soyergin, 2003; Ceylan ve ark., 2016).

Türkiye’de toplam ekim alanı 23,9 milyon hektar olup, sebze ekim alanı toplam ekilebilir tarım arazisinin yalnızca %3’ünü kapsamaktadır. 2024 yılı itibarı ile Türkiye’nin toplam sebze üretimi 33.572.402 milyon ton olup, bu üretimin 14,617,000 tonu domates, 3,428,038 tonu biber ve 827,004 tonu ise patlıcandan oluşmaktadır (TÜİK, 2024).

Patlıcan (*Solanum melongena*), *Solanaceae* familyasına ait, ekonomik açıdan önemli çok yıllık bir türdür. Meyvesi, içerdiği fenolik bileşikler sayesinde önemli bir antioksidan kaynağı ve fonksiyonel bir gıdadır (Kaplan, 2019). Türkiye’de patlıcan genellikle sıcak iklim ve ılıman iklimlere sahip bölgelerde yetiştirilmektedir. Patlıcan, turşu, reçel ve konserve gıdalar da dahil olmak üzere birçok yiyecek ve içecek ürünlerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Bu durum, gıda ve içecek sektöründeki genel çeşitliliğe katkıda bulunmanın yanı sıra tarıma dayalı işletmelerin gelişimini de kolaylaştırmaktadır. Ayrıca patlıcanın çok yönlülüğü, 1980’den sonra iç turizmdeki artış nedeniyle çeşitli şekillerde tüketilmesine olanak sağlamaktadır (Başay, 2006). Bu amaçla patlıcan

(*Solanum melongena*) fidesi üretiminde organik ve inorganik gübre uygulamalarının büyüme parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2021 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi'ne ait ısıtmalı ve tam otomasyonlu bir serada yürütülmüştür. Denemede, 216 gözlü fide yetiştirme viyolleri ve yetiştirme ortamı olarak sphagnum torfu (Kekkilä Professional) kullanılmıştır. Kimyasal özellikleri; pH 7,5, EC 2,15 dS m⁻¹, C/N oranı 18,71, organik madde %64, azot (N) %1,25, K₂O %1,02 ve P₂O₅ %0,55 olan vermikompost kullanılmıştır. Kullanılan torfun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Her uygulama konusuna bir viyol patlıcan tohumu ekilmiş olup viyollerin kenar sırası kenar tesiri olarak kabul edilmiştir. Viyoller üç eşit parçaya bölünerek üç tekerrür oluşturulmuştur. Her tekerrürde 10 bitki üzerinden ölçümler yapılmıştır. Her tekerrürdeki 10 bitkinin ortalaması alınarak veriler kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan torfun özellikleri.

Table 1. Properties of the peat used in the research.

Özellikler	Değerler
Organik madde (%)	95
pH	5,5
EC (dS)	2,5
Azot (mg l ⁻¹)	140
Fosfor (mg l ⁻¹)	160
Potasyum (mg l ⁻¹)	180
Magnezyum (mg l ⁻¹)	10
Kükürt (mg l ⁻¹)	187
Demir (mg l ⁻¹)	0,9
Mangan (mg l ⁻¹)	1,6
Bor (mg l ⁻¹)	0,3
Çinko (mg l ⁻¹)	0,4
Bakır (mg l ⁻¹)	1,5
Molibden (mg l ⁻¹)	0,5

Fidelerin gübrenmesi için kullanılan besin çözeltisi, mikro element ile birlikte 100 ppm N⁻³, 50 ppm P⁻³, 100 ppm K⁺, 100 ppm Ca⁺², 50 ppm Mg⁺² ve 50 ppm S⁻² elemenlerinden oluşmaktadır. Çalışma, tam gübre dozu (EC 1) ve yarım gübre dozu (EC 0,5) ile farklı vermikompost dozlarının besleme koşulları üzerindeki etkisini araştırmayı ve gübre dozu ile vermikompost dozları arasındaki ilişki incelenmiştir. Tam ve yarım gübre EC miktarını ve her hafta için karşılık gelen dozları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Haftalara göre EC uygulamaları.

Table 2. EC applications according to weeks.

	1.	2.	3.	4.	5.
EC 1 dS m ⁻¹	-	1,2	1,4	1,6	1,9
EC 0,5 dS m ⁻¹	-	0,92	1,02	1,12	1,22

Patlıcan bitkisinde gerçek yapraklar görünmesinden sonra, EC 1,4 ve 1,8 mmhos/cm ile uygulama yapılmıştır. Mikoriza uygulaması, bitki kökleriyle simbiyotik etkileşime girebilen Endo Roots Soluble (ERS) ticari mikoriza kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikoriza, 5000 mg/7kg konsantrasyonda hazırlanmış olup ekimden dört gün sonra her bir viyole 50 ml saf su ile uygulanmıştır. Uygulamaların fideler üzerindeki etkisini belirlemek için, patlıcan fideleri ortalama 1,5 ay (45 gün) içerisinde toprak üstü kısımlarından kesilip gözlemler yapılmıştır. Çalışmada yapılan gözlemler aşağıda verilmiştir:

Fide boyu: Yetiştirme ortamının yüzeyinden en uzun yaprağın ucuna kadar ölçülmüştür.

Hipokotil boyu: Kök boğazından kotiledon yapraklarına kadar olan mesafe ölçülerek belirlenmiştir.

Gövde çapı: Fidelerin kök boğazı üzerinden dijital bir kumpas aracılığıyla ölçülmüştür.

Yaprak sayısı: Fide gelişimini tamamladıktan sonra söküm işlemi önce yapılmıştır.

Fide yaş ağırlığı: Her parselden rastgele seçilen 10 fide, kökleriyle birlikte yıkanmış ve oda sıcaklığında, yıkama suyunun buharlaşması için bekletilmiştir. Daha sonra 0,01 g hassasiyetindeki terazi ile tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

Fide kuru ağırlığı: Fide sökümünden sonra yaş ağırlık ölçümleri yapılan fideler etüvde 65°C sıcaklıkta 2 gün (48 saat) bekletilmiş olup, ardından fidelerin kuru ağırlıkları hassas terazi (0,01 g hassasiyet) ile belirlenmiştir.

Bu çalışmada, elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS Version 20.0 programı kullanılmış; uygulamalar arasındaki anlamlı farklılıkları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (P≤0,01 ve P≤0,05).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada patlıcan fide gelişiminde yetiştirme ortamına uygulanan organik ve inorganik gübre dozlarının etkileri Çizelge 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'da verilmiştir.

Patlıcanda fide boyu üzerine, EC ve EC+mikoriza+vermikompost interaksiyonları arasında istatistiksel anlamda $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bir fark olduğu, ancak diğer uygulamalar arasında farkın önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Uygulamalara göre, en yüksek fide boyu 8,55 cm ile EC 1 dozunda uygulanan %20 EC + vermikompost karışımında ölçülürken; EC 0,5 dozunda uygulanan %20 mikoriza + vermikompost karışımında fide boyu 7,90 cm olarak belirlenmiştir. Durukan (2004) farklı sebze türlerinde tütün tozu kompostunu fide yetiştirme amacı ile ortam olarak kullandığı çalışmada, fide boyu patlıcan bitkisinde 10,40-2,48 cm arasında bulmuştur. Farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalarda, Akbaşak ve Koral, (2014) çeltik kavuzu ile torf ortamlarının farklı oranlarda kombinasyonlarını hıyar fidesi üzerinde denedikleri çalışmada, fide uzunluğunu 36,62-26,57 cm arasında bulmuşlardır. Atmaca (2012) hıyar ve domates bitkilerinde fide

yetiştirme ortamı olarak vermikompost kullandığı çalışmada, domates fide boyu 6,10 ile 7,49 cm, hıyar fide boyu ise 5,36 ile 8,44 cm arasında bulmuştur. Ece ve ark. (2011) Erzurum, Erzincan ve Van illerinden alınan 3 farklı torf mateyalını domates fide yetiştiriciliğinde kullandıkları çalışmada, en uzun boylu fide kontrol (13,74 cm) ortamından elde edilirken, en kısa boylu fideleri (9,69 cm) Van ilinden alınan torf materyalinden elde etmişlerdir. Çelebi (2019) serada farklı yetiştirme ortamlarını kullandığı çalışmada fidelerin ortalama fide uzunluğunu 4,5-9,8 cm arasında olduğunu bildirmiştir. Bulgular Verdonck (1991), Olympios (1992), Kreen ve ark. (2002) ve Şirin ve ark. (2010) tarafından bildirilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Patlıcanda hipokotil boyu üzerine EC uygulamaları arasında $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bir fark gözlenmiş, ancak diğer uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 3. Patlıcan fidelerinin fide boyu (cm) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi.

Table 3. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on seedling height (cm) of eggplant seedlings.

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	öd	-	+	öd	öd	*
0	6,00	6,30	6,13	6,15	6,27	6,13	6,22	6,20	6,18 b
10	6,14	5,73	6,20	5,93	6,27	8,17	6,95	7,22	6,58 b
20	7,47	8,33	7,88	7,90	8,30	8,77	8,55	8,53	8,22 a
(EC*mikoriza) öd	6,53	6,79			6,94	7,69			
(EC) *	6,74 b				7,24 a				
EC	P<0,041		*	Mikoriza*Vermikompost			P<0,115		öd
EC*Mikoriza	P<0,301		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,036		*
EC*Vermikompost	P<0,452		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

Çizelge 4. Patlıcan fidelerinin hipokotil boyu (cm) üzerine gübre dozlarının etkisi

Table 4. Effect of fertiliser doses on hypocotyl length (cm) of eggplant seedlings

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	öd	-	+	öd	öd	öd
0	2,43	2,37	2,47	2,40	2,50	2,63	2,50	2,57	2,48
10	2,60	2,63	2,73	2,62	2,87	2,67	3,15	3,67	2,94
20	3,37	3,43	3,30	3,40	3,23	3,67	3,55	3,45	3,43
(EC*mikoriza) öd	2,80	2,81			2,86	3,32			
(EC) *	2,83 b				3,07 a				
EC	P<0,045		*	Mikoriza*Vermikompost			P<0,082		öd
EC*Mikoriza	P<0,055		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,567		öd
EC*Vermikompost	P<0,378		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

EC+mikoriza+vermikompost interaksiyonunda ise 3,43 cm ile %20 vermikompost uygulamasından en yüksek hipokotil boyu elde edilmiştir. Patlıcan fidelerinin gövde çapı üzerine tüm uygulamalar arasında farkın önemsiz olduğu gözlenmiştir. Uygulamalar arasında ortalamalara göre en yüksek gövde çapı EC+vermikompost interaksiyonunda 3,32 mm ile %20 EC+vermikompost interaksiyonun EC 1 uygulamasından, EC 0,5 dozunda ise %20 mikoriza+vermikompost interaksiyonundan 3,32 mm gövde çapı elde edilmiştir (Çizelge 5).

EC+mikoriza+vermikompost interaksiyonunda ise 3,28 mm ile %20 vermikompost uygulamasından en yüksek gövde çapı elde edilmiştir. Durukan (2004) farklı sebze türlerinde (Patlıcan-hıyar) fide yetiştirmek amacıyla tütün tozu kompostunu ortam olarak denediği çalışmasında, patlıcan bitkisinde gövde çapı 0,16-0,36 cm, hıyar bitkisinde gövde çapı ise 0,47-0,72 cm arasında olduğunu bildirmiştir. Atmaca (2012),

domates bitkisinde vermikompostun fide yetiştiriciliğinde kullanıma olanağını belirlemek amacıyla 2011-2012 yılında yaptığı çalışmada, domates gövde çapı 2011 yılında 2,39 ile 1,68 mm arasında, 2012 yılında 2,84 ile 1,74 mm arasında olduğunu tespit etmiştir. Akbaşak ve Koral, (2014) çeltik kavuzu ile torf ortamlarının farklı oranlarda kombinasyonlarını hıyar fidesi üzerinde denedikleri çalışmada, gövde çapı 9,49-7,38 mm arasında olduğunu bildirmişlerdir. Abdel-Razzak ve ark. (2019) hıyar ve domates fidesi yetiştiriciliğinde kompost ve torf ortamlarını kullandığı çalışmalarında, hıyar gövde çapını 3,53-2,93 mm, domates gövde çapını ise 3,26-2,41 mm arasında bulmuşlardır.

Patlıcanda yaprak sayısı üzerine EC uygulamaları arasında $P \leq 0,05$ ve mikoriza+vermikompost interaksiyonları arasında ise $P \leq 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu gözlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 5. Patlıcan fidelerinin gövde çapı (mm) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi.

Table 5. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on stem diameter (mm) of eggplant seedlings.

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	öd	-	+	öd	öd	öd
0	2,83	3,07	2,92	2,95	3,00	3,03	3,05	3,02	2,98
10	3,03	3,07	3,05	3,05	3,07	3,33	3,20	3,20	3,13
20	3,30	3,33	3,23	3,32	3,17	3,30	3,32	3,23	3,28
(EC*mikoriza) öd	3,05	3,16			3,08	3,22			
(EC) öd		3,07				3,18			
EC	P<0,059		öd	Mikoriza*Vermikompost			P<0,311		öd
EC*Mikoriza	P<0,722		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,355		öd
EC*Vermikompost	P<0,900		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

Çizelge 6. Patlıcan fidelerinin yaprak sayısı (adet) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi.

Table 6. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on the number of leaves of eggplant seedlings.

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	**	-	+	öd	**	öd
0	4,07	4,00	4,10	4,03 b	4,13	4,23	4,12	4,18 b	4,11
10	3,77	4,00	3,92	3,88 c	4,07	4,67	4,33	3,37 c	4,13
20	4,33	4,47	4,35	4,45 a	4,27	4,43	4,45	4,35 a	4,40
(EC*mikoriza) öd	4,09	4,16			4,16	4,44			
(EC) *	4,12 b				4,30 a				
EC	P<0,015		*	Mikoriza*Vermikompost			P<0,007		**
EC*Mikoriza	P<0,113		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,750		öd
EC*Vermikompost	P<0,056		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. ** : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,01$ level.

Tüm uygulamalara bakıldığında yaprak sayısı 4,40-4,11 adet arasında olduğu görülmektedir. Durukan (2004) farklı sebze türlerinde (Patlıcan-hıyar) fide yetiştirmek amacıyla tütün tozu kompostunu ortam olarak kullandığı çalışmada, patlıcanda yaprak sayısı 4,05-5,80 adet, hıyarda yaprak sayısı 3,23-4,43 adet arasında olduğunu bildirmiştir. Atmaca (2012) vermikompostun fide yetiştirme ortamı olarak kullanılma olanağını belirlemek amacıyla 2011 ve 2012 yıllarında domates ve hıyar bitkileri üzerine yaptığı çalışmada, domates yaprak sayısı 2011 yılında 3,85 ile 3,46 adet, 2012 yılında 3,02 ile 3,93 adet arasında değişmiş, hıyar yaprak sayısı 2011 yılında 1,17 ile 1,75 adet, 2012 yılında ise 1,16 ile 1,39 adet arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Akbaşak ve Koral (2014) çeltik kavuzu ile torf ortamlarının farklı oranlarda kombinasyonlarını hıyar fidesi üzerinde denedikleri çalışmada, yaprak sayısını 4,11-5,33 adet arasında bulmuşlardır. Abdel-Razzak ve ark. (2019) kompost ve torf ortamlarının domates fide yetiştiriciliğinde kullandıkları çalışmada, yaprak sayısı 2,67-3,47 adet arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Huerta ve ark. (2010) ise, vermikompostun yetiştirme ortamı olarak kullandığı çalışmada bitki verimi, bitki boyu, yaprak sayısı ve meyve ağırlığını artırdığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla, mevcut çalışmanın sonuçları, önceki araştırmalarla paralellik göstermektedir.

Patlıcan fidelerinin yaprak yaş ağırlığı üzerine sadece EC ve mikoriza+vermikompost interaksiyonu arasında $P \leq 0,01$, EC+mikoriza+vermikompost uygulamaları arasında ise istatistiksel olarak $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bir fark gözlenmiştir (Çizelge 7). Durukan (2004) farklı sebze türlerinde (Patlıcan-hıyar) fide yetiştirmek amacıyla tütün tozu kompostunu ortam olarak denediği çalışmada, patlıcan bitkisinde yaş ağırlık 12,35-0,85 g ve hıyar bitkisinde ise 20,66-6,37 g arasında olduğunu bildirmiştir. Atmaca (2012) vermikompostun fide yetiştirme ortamı olarak kullanılma olanağını belirlemek amacıyla domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada, domates yaprak yaş ağırlığını 15,00-18,97 g arasında olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 7. Organik ve inorganik gübre dozlarının Patlıcan fidelerinin yaprak yaş ağırlığı (g) üzerine etkisi.

Table 7. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on leaf wet weight of eggplant seedlings.

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	**	-	+	öd	**	*
0	27,67	30,00	26,50	28,83 c	25,33	29,33	29,67	27,33 b	28,08 c
10	30,00	28,33	33,50	29,17 b	37,00	51,67	40,00	44,33 ab	36,75 b
20	41,00	46,67	42,17	43,83 a	43,33	46,67	46,67	45,00 a	44,42 a
(EC*mikoriza) öd	32,89	35,00			35,22	42,56			
(EC) **	34,06 b				38,79 a				
EC	P<0,002		**	Mikoriza*Vermikompost			P<0,000		**
EC*Mikoriza	P<0,071		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,027		*
EC*Vermikompost	P<0,617		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. ** : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,01$ level.

EC, mikoriza ve vermikompost uygulamaları arasında yaprak kuru ağırlığı üzerine EC+mikoriza etkileşimini arasında istatistiksel olarak $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bir fark gözlenmiştir (Çizelge 8). EC, mikoriza ve vermikompost etkileşimleri arasında, en yüksek yaprak kuru ağırlığı 3,01 g, %10 vermikompost uygulamasından elde edilirken, en düşük yaprak kuru ağırlığı 2,94 g, %0 vermikompost uygulamasından elde edilmiştir. Durukan (2004) fide yetiştirme ortamı olarak tütün tozu kompostunun kullanılabilirliği üzerine yaptığı çalışmada, patlıcan bitkisinde kuru ağırlık 1,47-0,20 g arasında hıyar bitkisinde 1,10-0,42 g arasında olduğunu bildirmiştir. Atmaca (2012) vermikompostun fide yetiştirme ortamı

olarak kullanılma olanağını saptamak amacıyla domates bitkisi üzerine yapılan çalışmada, kuru ağırlık 1,91 ile 0,70 g arasında gözlenmiştir.

Uygulamalar arasında EC uygulamasında $P \leq 0,01$, mikoriza+vermikompost ve EC+mikoriza+vermikompost etkileşimleri arasında ise $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bir fark olduğu görülmüştür. Ancak diğer uygulamalar arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ortamlar birbirleri ile karşılaştırıldığında, en yüksek kök yaş ağırlık %20 vermikompost uygulamasından, en düşük ise %0 vermikompost uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 8. Patlıcan fidelerinin yaprak kuru ağırlığı (g) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi
Table 8. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on leaf dry weight (g) of eggplant seedlings

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	EC*M*V
	-	+	öd	*	-	+	öd	*	öd
0	2,76	2,89	2,93	2,83 b	3,10	2,99	2,94	3,04 a	2,94
10	3,17	3,00	3,01	3,09 a	2,86	3,00	3,00	2,93 b	3,01
20	2,97	2,99	3,04	2,98 b	3,10	2,96	2,97	3,03 a	3,00
(EC*mikoriza) öd	2,97	2,96			3,02	2,98			
(EC) öd	2,97				2,99				
EC	P<0,648		öd	Mikoriza*Vermikompost			P<0,011		*
EC*Mikoriza	P<0,717		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,051		öd
EC*Vermikompost	P<0,818		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

Çizelge 9. Patlıcan fidelerinin kök yaş ağırlığı (g) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi
Table 9. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on root wet weight (g) of eggplant seedlings

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				
	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	Mikoriza -	Mikoriza +	EC*V öd	M*V *	EC*M*V *
0	11,34	12,67	10,83	12,00 b	10,33	11,00	11,83	10,67 c	11,33 b
10	11,34	11,67	11,00	11,50 b	10,67	13,33	12,50	12,00 b	11,75 b
20	11,33	14,00	12,33	12,67 a	13,33	13,67	13,83	13,50 a	13,09 a
(EC*mikoriza) öd	11,33	12,78			11,44	12,67			
(EC) **	11,39 b				12,78 a				
EC	P<0,001		**	Mikoriza*Vermikompost			P<0,049		*
EC*Mikoriza	P<0,763		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost			P<0,046		*
EC*Vermikompost	P<0,813		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

** : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. ** : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,01$ level.

Akbaşak ve Koral, (2014) çeltik kavuzu ile torf ortamlarının farklı oranlarda kombinasyonlarını hıyar fidesi üzerinde denedikleri çalışmada, kök ağırlığı 23,33-56,78 g arasında bulmuşlardır. Abdel-Razzak ve ark. (2019) kompost ve torf ortamlarının hıyar ve domates fide yetiştiriciliğinde kullandıkları çalışmada, kök ağırlığı hıyar bitkisinde 5,42-3,60 g, domates bitkisinde 5,31-3,90 g arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Patlıcan fidelerinin kök kuru ağırlığı üzerine mikoriza+vermikompost uygulamaları arasında $P \leq 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu gözlenmiştir (Çizelge 10).

Abdel-Razzak ve ark. (2019), domates ve hıyar fidesi yetiştiriciliğinde kompost ve torf materyallerini yetiştirme ortamı olarak kullandıkları çalışmada, hıyar fidesi kök kuru ağırlığı 0,10-0,12 g, domates fidesi kök kuru ağırlığını ise 0,57-1,27 g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Fide yetiştiriciliğinde yapılan çalışmalarda, vermikompost ve torf karışımlarının fidelerin yaş ve kuru ağırlığını artırdığını ve tarlaya dikimden sonra fidelerde ölüm oranının azaldığı ve ayrıca en fazla büyümeyi teşvik edici vermikompost oranı %20 olduğu bildirilmiştir (Raviv ve ark., 1998; Erşahin ve ark., 2017).

Çizelge 10. Patlıcan fidelerinin kök kuru ağırlığı (g) üzerine organik ve inorganik gübre dozlarının etkisi.

Table 10. Effect of organic and inorganic fertiliser doses on root dry weight (g) of eggplant seedlings.

Vermikompost (%)	EC 0,5				EC 1				EC*M*V öd
	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	Mikoriza	Mikoriza	EC*V	M*V	
	-	+	öd	*	-	+	öd	*	
0	0,82	0,50	0,87	0,66b	0,93	0,98	0,74	0,66b	0,80
10	0,76	0,62	0,86	0,69b	0,97	0,99	0,80	0,98a	0,83
20	0,95	0,96	0,94	0,96a	0,92	0,99	0,97	0,95a	0,95
(EC*mikoriza) öd	0,84	0,69			0,94	0,99			
(EC) öd	0,89				0,84				
EC	P<0,230		öd	Mikoriza*Vermikompost				P<0,011	*
EC*Mikoriza	P<0,058		öd	EC*Mikoriza*Vermikompost				P<0,318	öd
EC*Vermikompost	P<0,270		öd						

öd: Uygulamalar arasındaki farkın önemsiz olduğunu gösterir. ns: Indicates that the difference between treatments is non significant.

* : Uygulamalar arasındaki farkın $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu gösterir. * : Indicates that the difference between treatments is significant at $P \leq 0,05$ level.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kimyasal gübreler ile organik gübrelerin birarada kullanılması fide gelişimi ve kalitesi açısından önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, mikoriza ve vermikompostun birlikte kullanılmasıyla sentetik gübre ihtiyacının azaldığı ve bu materyallerin fide ile topraksız yetiştiricilik yapılan ortamlarda kullanılmasının, yetiştirme ortamlarına önemli destek sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda organik gübre karışımının artmasıyla bitki yapraklarındaki azot, fosfor, potasyum ve magnezyum konsantrasyonlarında da artış gözlemlenmiştir. Özellikle EC+mikoriza+vermikompost etkileşimleri birlikte değerlendirildiği zaman,

sadece büyüme performansı değil, aynı zamanda bitki besin elementi birikimi de optimize etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Bu kapsamda, fide yetiştiriciliğinde hem verimlilik hem de kalite açısından dengeli bir besleme stratejisi oluşturmak amacı ile organik ve inorganik girdilerin birlikte ve kontrollü bir şekilde kullanılması, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Elde edilen veriler, bu tür bütüncül uygulamaların fide kalitesini artırmada etkili olduğunu ve çevresel etkileri en aza indirerek üretim sistemlerine entegre edilebildiğini göstermektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abdel-Razzak, H., F. Alkoik, M. Rashwan, R. Fulleros, and M. Ibrahim. 2019. Tomato waste compost as an alternative substrate to peat moss for the production of vegetable seedlings. *Journal of Plant Nutrition* 42 (3): 287-295. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1554682>
- Akbaşak, H. ve P.S. Koral. 2014. Çeltik kavuzunun hıyar fidesi yetiştirme ortamı olarak kullanım olanaklarının araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 11 (1):79-89
- Amador, J.A., and J.H. Görres. 2005. Role of the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* L. in the distribution of plant residue nitrogen in a corn (*Zea mays*)–soil system. *Applied Soil Ecology* 30 (3): 203–214. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.011>
- Amador, J.A., J.H. Görres, and M.C. Savin. 2006. Effects of *Lumbricus terrestris* L. on nitrogen dynamics beyond the burrow. *Applied Soil Ecology* 33 (1): 61–6. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.09.008>
- Arancon, N.Q., C.A., Edwards, and P. Bierman. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology* 97: 831–840.
- Arancon, N.Q., P.A. Galvis, and C.A. Edwards. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology* 96: (10) 1137-1142. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.10.004>
- Arın, L. 2002. Trakya’da alabaş (*Brassica oleraceae* var. *gongylodes* L.) yetiştirme olanağı ve uygun çeşitlerin belirlenmesi. *Bahçe* 31 (1-2): 59-64.
- Atmaca, L. 2012. Fide yetiştirme ortamı olarak vermicompost kullanımının etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Bornova - İzmir.
- Başay, S. 2006. Patlıcan (*Solanum melongena* L.) da *Verticillium dahliae* Kleb.’e dayanıklı hatların geliştirilmesi. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı - Bursa.
- Bellitürk, K. 2016. Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 31 (3): 1-5 (Özel Sayı).
- Blair, J.M., R. W. Parmelee, M.F. Allen, D.A. McCartney, and B.R. Stinner. 1997. Changes in soil N pools in response to earthworm population manipulations in agroecosystems with different N sources. *Soil Biol. Biochem.* 29: 361–367. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00098-3)
- Ceylan, Ş., N. Mordoğan, ve H. Çakıcı. 2016. Çinko ve mikoriza uygulamalarının pamukta besin elementi içeriği verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 53 (2): 117-123.
- Cortez, J., G. Billes, and M.B. Bouche. 2000. Effect of climate, soil type and earthworm activity on nitrogen transfer from a nitrogen- 15-labelled decomposing material under field conditions. *Biol. Fert. Soils* 30: 318– 327. <https://doi.org/10.1007/s003740050010>
- Çelebi, M. 2019. Effects of different growing media on the yield in tomato, cucumber and pepper, and on seedling in tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty (JOTAF)* 16 (2): 112-120. <https://doi.org/10.33462/jotaf.332857>
- Çıtak, S., S. Sönmez, F. Koçak, ve S. Yaşın. 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi* 28 (1): 56-69.
- Demir, H., E. Polat, ve İ. Sönmez. 2010. Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi Tarım Aktüel (14): 54-60.
- Demir, Z. and S. Kıran. 2020. Effect of vermicompost on macro and micronutrients of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under salt stress conditions. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 23 (1): 33-43. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogas.579695>
- Durukan, A. 2004. Bazı sebze türlerinde fide yetiştirme ortamı olarak tütün tozu kompostunun saf ve değişik oranlarda kullanılabilirliği. Yüksek lisans tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Taşlıçiftlik - Tokat.
- Ece, A., ve İ. Ulukan. 2011. Doğu anadolu bölgesinde bulunan bazı torf materyallerinin domatestede fide kalitesi ve verim özelliklerine etkilerinin belirlenmesi. *Bahçe* 40 (1): 1–7.
- Erşahin, Ş.Y., A. Ece and E. Karnez. 2017. Differential effects of a vermicompost fertilizer on emergence and seedling growth of tomato plants. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 5 (11): 1360-1364. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i11.1360-1364.1458>
- Erşahin, Y. Ş. 2007. Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)* 2007 (2): 99-107.
- Hepşen Türkay, F.S. 2010. Fındık zurufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermicompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. 166 s. Samsun.
- Huerta, E., O. Vidal, A. Jarquin, V. Geissen, and R. Gomez. 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of amashito pepper, interactions with earthworms and rhizobacteria. *Compost Science & Utilization* 18 (4): 282- 288.

- Kaplan, B.G. 2019. Patlıcanda (*Solanum melongena* L.) aşı kombinasyonlarının bazı biyokimyasal bileşikler üzerine etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Ankara.
- Karaçal, İ., ve Ş. Tüfenkçi. 2010. Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak 2010. Ankara.
- Kaya, N., E. Karnez, B.P. Aktepe, ve Y. Aysan. 2022. Domates öz nekrozu hastalığına vermikompost, mikoriza ve potasyum gübre uygulamalarının etkinliğinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 27 (2): 299-308. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1087472>
- Kızılkaya, R. 2008. Dehydrogenase activity in *Lumbricus terrestris* casts and surrounding soil affected by addition of different organic wastes and Zn. Bioresource Technology 99: 946-953. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.004>.
- Kreen, S., M. Svensson, and K. Rumpunen. 2002. Rooting of Clematis microshoots and stem cuttings in different substrates. Scientia Horticulturae 96: 351-357.
- Masciandro, G., B. Ceccanti, and C. Garcia. 1997. Soil agro-ecological management: Fertirrigation and vermikompost treatments. Bioresource Technology 59: 199-206. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00142-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00142-3)
- McDaniel, J.P., M.E. Stromberger, K.A. Barbarick, and W. Cranshaw. 2013. Survival of *Aporrectodea Caliginosa* and its effects on nutrient availability in biosolids amended soil. Applied Soil Ecology 71: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.04.010>
- Mısırlıoğlu, M. 2011. Toprak Solucanları: Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri. Nobel Yayın Dağıtım. Yayın No:1636. Ankara. 94 s.
- Olympios, C.M. 1992. Soilless media under protected cultivation. Rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Horticulturae 323: 215- 234.
- Ortaş İ. 1997. Mikoriza nedir? TUBİTAK dergisi. Şubat 1997 sayı 351. Ankara.
- Ortaş İ. 2012. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. Field Crops Research 125: 35-48.
- Park, C.H., H. J. Yeo, N.S. Kim, P.Y. Eun, S. Kim, M. V. Arasu, N.A. Al-Dhabi, S. Park, J.K. Kim, and S. U. Park. 2017. Metabolic profiling of pale green and purple kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.). Appl Biol Chem 60 (3): 249-257.
- Parthasarathi, K., M. Balamurugan, and L.S. Ranganathan. 2008. Influence of vermikompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse cropblackgram. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering 5 (1): 51-58
- Raviv, M., R. Reuveni, and B.Z. Zaidman. 1998. Improved medium for organic transplants. Biological Agriculture & Horticulture 16 (1): 53-64.
- Sahni, S., B.K. Sarma, D.P. Singh, H.B. Singh, and K.P. Singh. 2008. Vermikompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection 27: 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.001>
- Singh, J. 1997. Habitat preferences of selected indian earthworm species and their efficiency in reduction of organic materials. Soil Biology and Biochemistry 29 (314): 585-588. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00183-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00183-6)
- Singh, R., R.R. Sharma, S. Kumar, R.K. Gupta, and R.T. Patil. 2008. Vermikompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Bioresource Technology 99: 8507-8511. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.034>
- Smith, S., and D.J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. San Diego CA: Academic Press.
- Soyergin, S. 2003. Organik tarımda toprak verimliliğinin korunması, gübreler ve organik toprak iyileştiricileri. Atatürk Bahçe Kultürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yalova.
- Soylu, E.M., S. Soylu, M. Kara, ve Ş. Kurt. 2020. Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların in vitro antagonistik etkilerinin belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 23: 7-18. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.2020.23.01.601936>
- Şahin, S., H., Kartal, ve N. Geboloğlu. 2024. Hıyar (*Cucumis sativus*) fidesi gelişiminde ortama vermikompost, mikoriza ve gübre uygulama dozlarının etkisi. ISPEC tarım bilimleri dergisi 8(3): 647-658. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12633752>
- Şirin, U., E. Ertan, and B. Ertan. 2010. Growth substrates and fig nursery tree production. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 67 (6): 633-638.
- TÜİK. 2024. Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Crop-Production-Statistics-2024-53447>. (Erişim tarihi: 01.05.2025)
- Tüzel, Y., G.B., Öztekin, ve T. Durdu. 2021. Organik fide yetiştiriciliği. Atatürk Bahçe Kultürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Enstitü Yayın No: 108. Yalova.
- Ulukapı, K., and Y. Kaçar. 2020. The effects of water deficiency on plant and tuber growth of kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.). Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology 8 (2): 416-420

- Verdonck, O. 1991. Horticultural substrates. International Course on Vegetable Production. Wageningen, The Netherlands. p. 95.
- Warman, P.R., and M.J. AngLopez. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology* 101: 4479–4483. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.098>
- Zaller, J.G. 2007a. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 112: 191-199. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.023>
- Zaller, J.G. 2007b. Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology* 43: 332-336. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.020>

***Bacillus cereus* Strain BBS7 Kök Bakterisi İzolatının Kuraklık Stresi Altında Domateste Isı Şok Genlerinin İfadesi Üzerine Etkileri**

Macide Elif GÜÇLÜER¹ 

Birsen ÇAKIR AYDEMİR^{2*} 

¹Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı, İzmir/TÜRKİYE

²Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir/TÜRKİYE

¹ <https://orcid.org/0000-0001-7660-5880> ² <https://orcid.org/0000-0003-4268-8547>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): birsencakir@hotmail.com

Received (Geliş tarihi): 25.04.2025

Accepted (Kabul tarihi): 02.06.2025

ÖZ: Kuraklık stresi, bitkilerin fizyolojik işlevlerinde meydana gelen değişimler nedeniyle tarımsal üretimde önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tarım sektöründe stratejik bir öneme sahip olan domates bitkisi de bu stres koşullarından en fazla etkilenen türler arasında yer almaktadır. Bitki gelişimini artıran kök bakterilerinin hücresel, fizyolojik ve morfolojik mekanizmaları etkileyerek bitkilerin kuraklık toleransını artırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, domates tohumları *Bacillus cereus* strain BBS7 kök bakterisi ile sardırıldıktan sonra torfortamına ekilmiştir. Fideler 2-3 gerçek yapraklı döneme ulaştıktan sonra su kültürüne alınmış ve 7 gün boyunca kontrol uygulamasında tutulduktan sonra PEG 6000 ile kuraklık stresine tabi tutulmuştur. Kuraklık stresinin etkisi ($\Psi_s = -1.0$ MPa) kademeli olarak artırılarak ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ ve tam doz) uygulanmış, her bir doz artışı 48 saatlik aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Stres uygulamasının ardından 2. ve 12. saatlerde alınan bitki örneklerinde, kuraklık stresine yanıt olarak üretilen HSP21, HSP70 ve HSFA gibi ısı şok protein genlerinin ekspresyon seviyeleri qPCR yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar, *B. cereus* strain BBS7 kök bakterisinin bu genlerin ekspresyon profillerini düzenleyerek domates bitkilerinde kuraklık direncini artıran etkili bir PGPR türü olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Solanum lycopersicum* L., kuraklık stresi, mRNA ifadesi, *Bacillus cereus*, eş zamanlı PCR.

Effects of Bacillus cereus strain BBS7 Rhizobacterium Isolate on the Expression of Heat Shock Genes in Tomato Under Drought Stress

ABSTRACT: Drought stress causes significant economic losses in agricultural production due to disruptions in the physiological functions of plants. Tomato plants, which have strategic importance in the agricultural sector, are among the species most severely affected by these stress conditions. Research has demonstrated that root bacteria promoting plant growth enhance drought tolerance by influencing cellular, physiological, and morphological mechanisms. In this study, seeds of tomato were inoculated with *Bacillus cereus* strain BBS7 and planted in a peat medium. Seedlings at the 2-3 true leaf stage were transferred to a hydroponic system and maintained under control conditions for 7 days before being subjected to drought stress simulated using PEG 6000. The drought stress intensity was gradually increased ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, and full dose) every 48 hours until the target water potential ($\Psi_s = -1.0$ MPa) was achieved. Plant samples were collected at the 2nd and 12th hours after stress application, and the expression levels of heat shock protein genes (HSP21, HSP70, and HSFA), produced in response to drought stress, were analyzed via qPCR. The results indicate that *B. cereus* strain BBS7 acts as an effective PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacterium) by regulating the expression profiles of these genes, thereby enhancing drought resistance in tomato plants.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., drought stress, mRNA expression, *Bacillus cereus*, real-time PCR.

GİRİŞ

Abiyotik stres bitki büyüme ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyerek tarımsal kayıplara neden olmaktadır (Ye ve ark., 2017). Bitkilerin büyümesini ve uyum yeteneğini zayıflatan stresler arasında su fazlalığı/eksikliği, iyon toksisitesi/eksikliği, düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık ve tuzluluk bulunmaktadır. Çeşitli ürün üretim modelleri, öncelikle iklim değişikliği nedeniyle gelecekte önemli tarım

ürünlerinin veriminde bir azalma öngörmektedir (Rosenzweig ve ark., 2014).

Bitkiler, sedanter yapıları nedeniyle olumsuz çevre koşullardan kaçamadıklarından bu çevresel değişimlerle başa çıkmak için güçlü savunma mekanizmalarına ihtiyaç duyarlar (Kaldenhoff ve Fischer 2006). Kuraklık ve ısı stresi gibi başlıca abiyotik faktörler tek başına etkili olduğu gibi birlikte

de hareket edebilirler. Bitkiler, bu zorluklara karşı koymak için etkili koruyucu mekanizmalar geliştirmişlerdir (Zandalinas ve ark., 2018). Bitkilerdeki temel tolerans mekanizmaları, hücrel ve moleküler tepkiler aracılığıyla farklı stresler tarafından düzenlenen genlerin aktivasyonunu içerir (Latif ve ark., 2016).

Bitkiler, hücrel homeostazı sağlamak ve uyum sağlamak için hücrelere yardımcı olan çeşitli yollarla çevresel etmenlere tepki verirler (Jones ve ark. 2006). Homeostazı sürdürmede ve bitkilerde stres direnci kazandırmada kritik rol oynayan birçok farklı protein tanımlanmıştır (Pérez-Clemente ve ark. 2013). Strese toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinde, stresle indüklenen genlerin transgenik yöntemlerle aşırı ifadesi, en yaygın ve pratik yaklaşımlardan biridir (Guerra ve ark. 2015). Kuraklık ve ısı stresi direnciyle ilişkili çok sayıda gen analiz edilmiş ve doğrulanmıştır (Wang ve ark. 2014). Hücrel proteinler, sinyalizasyon ve transkripsiyonel düzenleme ile ilişkilidir; bunlar arasında ozmotinler, dehidrinler, LEA proteinleri ve NAM, ATF, CUC (NAC) transkripsiyon faktörleri gibi protein aileleri bulunur. Bu proteinlerin stres toleransında rol oynadığı araştırmalarla desteklenmiştir (Nouri ve Komatsu 2013; Vishwakarma ve ark. 2017).

Bitkilerde ısı şok transkripsiyon faktörü (HSF) ailesi, en çok çalışılan transkripsiyon faktörü ailesinden biridir (Udvardi ve ark., 2007). HSF'lerin abiyotik stres toleransındaki çok yönlü rollerini belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Güncel bulgular, HSF'lerin kombinasyon streslerden ziyade, tek stres koşullarına yanıt vermede baskın rol oynadığını göstermektedir (Sewelam ve ark., 2014). Bitkilerdeki HSF'ler, DNA'ya bağlanma bölgesi (DBD) içeren modüler yapılar olup, hedef bölgelerdeki ısı stresi cis-elementleri ile etkileşime girerler (Lata ve Prasad 2011). HSF'ler, sinyal iletim yollarında son basamak görevi görür ve çeşitli stres yanıtı genlerin transkripsiyonel yukarı regülasyonunu sağlar (Baniwal ve ark., 2004).

Isı şok proteinleri (HSP'ler), hem optimal hem de stresli büyüme koşullarında hücrel stabiliteyi korumadaki rolleri nedeniyle moleküler şaperonlar olarak işlev görür (Wang ve ark., 2014). HSP'ler, hücrel metabolizma sırasında protein katlanmasına yardımcı olur (Wang ve ark., 2004), zar proteinlerini stabilize eder ve stres altında proteinlerin yeniden katlanmasını sağlar (Wahid ve ark., 2007). Ayrıca, HSP'lerin geniş

bir kategorisi, stres kaynaklı üç boyutlu protein katlanması veya bozulması sırasında şaperon aktivitesi sergiler (Kotak ve ark. 2007).

HSP'ler, moleküler ağırlıklarına göre Hsp60, Hsp70 (DnaK), Hsp90, Hsp100 (Clp), şaperoninler (GroEL) ve küçük HSP (sHsp) ailesi olarak beş yüksek korunmuş alt aileye ayrılır (Kotak ve ark. 2007). HSP'lerin işleyişi benzersizdir; hedef substratlara kovalent bağ oluşturmada özgün şekilde bağlanırlar (Wahid ve ark., 2007). sHsp ailesi hariç, bitkilerin abiyotik stres tepkilerinde HSP'lerin/şaperonların işlevselliğine sınırlı düzeyde odaklanılmıştır (Kregel, 2002). Hsp60, Hsp70 ve Hsp90, aktivitelerini düzenleyerek özgün substrat proteinlerin birleşimine yardımcı olan çeşitli ko-şaperonlarla etkileşerek stres koşullarında moleküler kalkan görevi görür (Liberek ve ark., 2008). Genom analizleri, *A. thaliana*'da yaklaşık 13 sHsp, 7 Hsp60, 18 Hsp70, 7 Hsp90 ve 8 Hsp100 üyesi olduğunu ortaya koymuştur (Zhang ve ark. 2015).

Mısır ve buğday gibi bitki türleri de abiyotik stres koşullarında HSP'leri ifade eder (Kumar ve ark. 2012). HSP'lerin genetik yapısı değiştirilerek yeni stres toleranslı çeşitler tasarlanabilir; örneğin, *Arabidopsis* ve pirinçte Hsp101'in aşırı ifadesi, aşırı sıcaklıklara karşı tolerans sağlamıştır (Katiyar-Agarwal ve ark. 2003). Hsp70'in yukarı regülasyonu, transgenik bütün bitkilerinde kuraklık ve ısı toleransı kazandırmıştır. Bu bitkilerde, NtHSP70'in aşırı ifadesi, hem ısı hem de kuraklık direncini artırmıştır (Udvardi ve ark. 2007). Su stresine maruz kalan ayçiçeklerinin kök ve gövdelerinde HaHsp17.6 ve HaHsp17.9 genlerinin sentezinin tetiklendiği bildirilmiştir (Tuteja ve Gill, 2016).

Bitki gelişimini artıran kök bakterileri (PGPR)'ler doğrudan ve dolaylı mekanizmalarla bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Dejordjevic vd., 1987; Ferreira vd., 1987). Ayrıca, mikroorganizmaların biyotik ve abiyotik stres yönetimindeki rolü giderek önem kazanmaktadır. Rizobakterilerin bitkilerde kuraklık toleransını sağlaması Absisik asit (ABA), giberellik asit, sitokinin ve indol-3-asetik asit (IAA) gibi fitohormon üretimi, köklerde etilen seviyesini azaltan ACC deaminaz aktivitesi, bakteriyel bileşiklerle indüklenmiş sistemik tolerans, bakteriyel ekzopolisakkaritler mekanizmalarını içerir (Yang ve ark., 2009; Dimkpa ve ark., 2009; Timmusk ve Nevo, 2011; Kim ve ark., 2013; Timmusk ve ark., 2014).

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), bitkilerde kuraklık stresinin hafifletilmesinde önemli bir rol oynarlar. Bu faydalı mikroorganizmalar, bitkilerin rizosfer/endo-rizosfer bölgelerini kolonize ederek ekzopolisakkarit (EPS) üretimi, bitki hormonları salgılama, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzimi üretimi, uçucu bileşikler sentezleme, ozmolitlerin ve antioksidanların birikimini tetikleme, strese yanıt veren genlerinin yukarı veya aşağı regülasyonu, mekanizmaları ile kuraklığa karşı toleransı sağlarlar (Vurukonda ve ark. 2016).

Bu çalışmada Kök Bakterilerinin (KB) domateste kuraklık stresine etkilerinin moleküler düzeyde analiz edilmesi amaçlanmıştır. *Bacillus cereus* strain BBS7 kök bakterisi ile sardırılmış olan MSC-50 domates çeşidine ait genç bitkilerde kuraklık stresi altında *HSP* genlerinden *HSP21*, *HSP70*, *HSFA* genlerinin ifade profilleri qPCR yöntemi ile analiz edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmada, 1170126 nolu TUBİTAK projesi çerçevesinde tanımlanmış olan domates bitkilerinin kuraklık stresine toleransını artırmada etkili olduğu saptanan *Bacillus cereus* strain BBS7 kök bakterisi izolatu ve Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin ettiğimiz kurağa duyarlı MSC-50 domates çeşidi kullanılmıştır (Gul ve ark., 2021, Altunlu ve ark. 2024).

Metot

Kuraklık Stresi uygulamaları

Kök bakterileri ile inokulasyon Sarma ve Saikia (2014) 'a göre tohum bakterizasyonu şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tohum ekimi torf (Klasmann TS1) ile doldurulan fide viyollerine yapılmıştır. Fideler 2-3 gerçek yapraklı aşamada su kültürüne alınmıştır. Her bir plastik kaba 6 adet bitki yerleştirilmiş ve bitki kökleri besin çözeltisi içerisinde olacak şekilde kaplar 1 litre besin çözeltisi [$\frac{1}{2}$ Hoagland çözeltisi (pH:6.5, EC :1.2 mS/cm)] ile doldurulmuştur. Besin çözeltisi havalandırması akvaryum pompaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kuraklık stresi Altunlu (2011)'ya göre gerçekleştirilmiştir. Fideler 7 gün boyunca kontrol uygulamasında (tam sulama) tutulduktan sonra PEG 6000 ile kuraklık stresine tabi tutulmuştur. Kuraklık stresinin etkisi ($\Psi_s = -1.0$ MPa) kademeli olarak artırılarak ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ ve tam doz) uygulanmış, her bir doz artışı 48 saatlik aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Stres

uygulanmasının ardından 2. ve 12. saatlerde örnekler alınmış ve sıvı azotta -80°C 'de muhafaza edilmiştir.

Toplam RNA İzolasyonu

Bitki köklerinden alınan örnekler, sıvı azot içinde havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir. RNA izolasyonu için Bray (1988) protokolü modifiye edilerek uygulanmıştır. Buna göre 300 mg bitki örneği üzerine 500 μL ekstraksiyon solüsyonu (50 mM Tris pH:9, 150 mM LiCl, 5 mM EDTA, %5 SDS) ilave edilerek tüpler 15 saniye vortekslenildikten sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 10.000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Üst faz alınarak 1:1 oranında fenol:kloroform:izoamil alkol (25:24:1) eklenmiş ve 15 saniye vortekslenmiştir. Bu işlem sonrasında $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 10.600 rpm'de 5 dakika santrifüj uygulanmıştır. Üst faz tekrar alınarak aynı fenol:kloroform:izoamil alkol işlemi tekrarlanmış ve santrifüj adımı yinelenmiştir. Santrifüj sonrası elde edilen süpernatanın yarısı hacminde 10 M LiCl eklenmiş ve karışım el ile alt üst edilerek $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 16 saat inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonrası tüpler $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 11.000 rpm'de 40 dakika santrifüjlenmiş, üst faz dikkatlice uzaklaştırılmıştır. Pellet üzerine %70'lik etanol eklenerek $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 10.600 rpm'de 5 dakika santrifüj yapılmış ve bu işlem iki kez tekrarlanmıştır. Pellet kurutulduktan sonra 30 μL DEPC'li su ile çözündürülmüş ve elde edilen RNA örnekleri -20°C 'de saklanmıştır. RNA kalitesi ve miktarı agaroz jel elektroforezi ile doğrulandıktan sonra genomik DNA kontaminasyonunu gidermek için DNase I RNase-Free (Thermo Scientific) enzimi kullanılmıştır. Enzim uygulamasında üretici protokolüne uyulmuştur.

qPCR ile Gen İfade Analizi

Her bir reaksiyon için, 500 ng toplam RNA ve 1 μL oligo(dT)18 primeri kullanılmıştır. cDNA sentezi ters transkriptaz kiti (Thermo-cDNA Synthesis Kit) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı PCR analizi için total hacim 25 μL olacak şekilde, Maxima SYBER Green qPCR Master Kit içerikleri ile üretici firmanın protokolü izlenerek ABI 7300 cihazında (Applied Biosystems) gerçekleştirilmiştir.

Aktin geni endojen kontrol olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan primerler Çizelge 1' de verilmiştir. PCR amplifikasyonu, 95°C 'de 15 saniyelik denatürasyon, 60°C 'de 30 saniyelik bağlanma ve 72°C 'de 30 saniyelik uzama olmak üzere 40 döngü boyunca devam etmiştir. PCR ürünlerinin erime eğrisi

analizi ve standart eğri analizleri ABI kullanıcı bülteni izlenerek gerçekleştirilmiştir. Ct değerleri kullanılarak

2- $\Delta\Delta$ CT metoduna göre relatif ifade (relative ekspresyon) değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Primer listesi.
Table 1. Primer list.

Gen Adı/Gene name	Gen ID/Gene ID	5' primer	3' primer
<i>HSP21</i>	544024	5'- ACGAGGATGGCGCTTGATGT-3'	5'- TGAATGTCCCATGGAGTGCGT-3'
<i>HSP70</i>	100134914	5'- AGGCGGTGAGGCAAAGGTTTC-3'	5'- CAGACGGCGTCGTTCTTTGC-3'
<i>HsfA1a</i>	101263626	5'- GAGCGCCAATGTTGCAGACG-3'	5'-TCCGGAGGATCCCCAAACCACA-3'
<i>LeActin</i>	AB199316	5'- GCCGGGCGTGATCTTACTGA-3'	5'-AGCTACTCCTGGCGGTCTCC-3'

BULGULAR VE TARTIŞMA

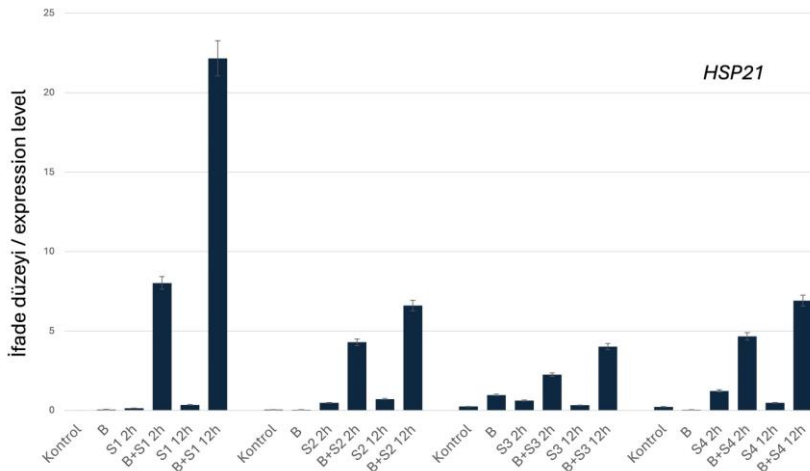
Bu çalışmada, kök bakterilerinden *Bacillus cereus* strain BBS7 nin kuraklık stresinde oynadığı rolün belirlenmesi için, *Bacillus cereus* strain BBS7 KB ile sardırılmış hassas MSC-50 domates çeşidinin kuraklık stresinde *HSP21*, *HSP70*, *HSFA* genlerinin ifade profilleri qPCR analizi ile gerçekleştirilmiştir.

Transkripsiyon düzeyinde, PGPR (Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteri) inokülasyonu ile bitkilerin kuraklık toleransının arttığı gözlemlenmiştir. Örneğin, *Paenibacillus polymyxa* B2 suşu ile inoküle edilen *Arabidopsis thaliana* bitkilerinde kuraklık direnci artmıştır (Timmusk ve Wagner, 1999). Kuraklık tepkisi genlerinden *ERD15* (EARLY RESPONSE TO DEHYDRATION15) geninin transkripsiyonunun inoküle edilen bitkilerde, kontrol grubuna kıyasla arttığını göstermiştir (Timmusk ve Wagner, 1999).

Diğer bir çalışmada, kuraklık stresindeki biber bitkilerinde *Bacillus licheniformis* K11 ile inoküle edilen bitkilerde altı farklı stres proteininin ifade olduğu belirlenmiştir (Lim ve Kim, 2013). Bu proteinlerden *Cadhn*, *VA*, *sHSP* ve *CaPR-10* genlerinin ekspresyonu, kontrol grubuna göre 1.5 kat daha yüksek bulunmuştur (Lim ve Kim, 2013).

Yapılmış olan bir başka çalışmada kullanılan *Bacillus cereus* strain BBS7'in, kuraklık stresindeki domates bitkilerinde bitki büyümesini, yaprak pigment içeriğini, antioksidan enzim aktivitelerini ve askorbik asit seviyesini arttırdığı ancak malondialdehit seviyelerini azalttığı rapor edilmiştir (Altunlu ve ark. 2022). Ayrıca bu bakterilerin verimi, su stresinde olmadığı %10,6, su stresinde ise %59,9 oranında arttırdığı tespit edilmiştir (Altunlu ve ark., 2022).

Bu çalışmada, *HSP21* geninin ifade profiline göre, S1, S2, S3 ve S4 PEG stres uygulamaları *HSP21* geninin ifadesini (2h ve 12h) hiç uygulama yapılmamış kontrol bitkilerine göre artırmıştır. KB sardırılmış bitkilerde tüm stres uygulamalarında (S1, S2, S3, S4) her iki 2. ve 12. saatte *HSP21* geninin ifadesi sadece stres uygulanmış ve sadece bakteri sardırılmış bitkilere göre artış göstermiştir. Ayrıca KB ile sardırılmış ve S1 PEG stres uygulaması yapılmış 2. saat örneğinde 8 kat ve 12. saat örneğinde ise ifade hiçbir uygulama yapılmamış örneklerle kıyasla 20 kat artarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. *HSP21* gen ifadesi profiline göre, sadece PEG uygulaması genin ifadesinde bir miktar artışa neden olurken, bakteri+PEG uygulamasının gen ifadesinde önemli artışlara neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. HSP ailesine ait *HSP21* geninin qPCR analizine göre ifadesi. B:Bakteri, S1: 0,25 PEG, S2: 0,50 PEG, S3: 0,75 PEG, S4: 1 PEG.

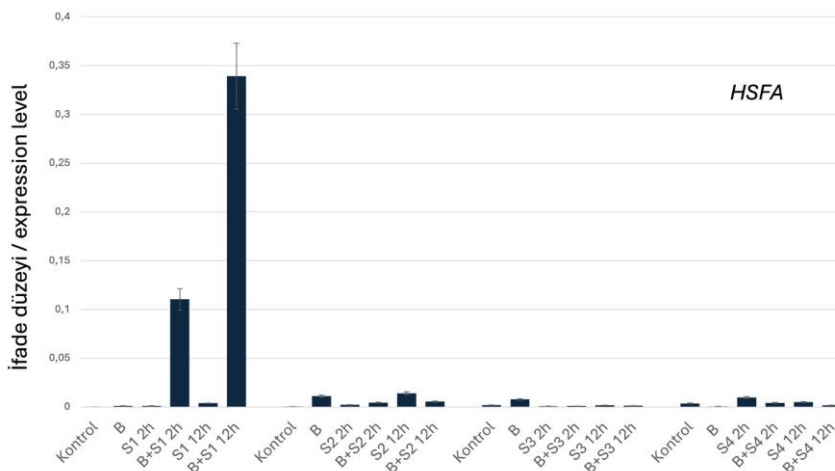
Figure 1. Expression of *HSP21* gene of HSP family genes by qPCR analysis. B:Bacteria, S1: 0,25 PEG, S2: 0,50 PEG, S3: 0,75 PEG, S4: 1 PEG.

Mikrodizin analizi kullanılarak, kuraklık stresi altındaki *Pseudomonas chlororaphis* O6 ile kolonize edilen *Arabidopsis thaliana* bitkilerinde bir dizi kuraklık sinyal geninin aşağı regüle olduğu tespit edilmiştir. Kolonize bitkilerde jasmonik asit işaretçi genler (*VSP1* ve *PDF-1.2*), salisilik asit ile regüle olan *PR-1* ve ile regüle olan *HEL* genine ait transkript seviyeleri artmış, ancak bu genlerin kuraklık stresine yanıtları farklılık göstermiştir (Cho ve ark., 2013).

Bitkilerde kuraklık stresinde rol oynayan genler arasında, şaperon olarak görev yapan ve birçok stres faktörüne maruz kaldığında yukarı regüle olan ısı

şoku proteinleridir (Wahid ve ark. 2007; Priya ve ark. 2019).

Bu çalışmada, *HSFA* geninin ifadesi genel olarak düşük düzeyde seyretmiştir. Tüm stres uygulamaları (S1, S2, S2, S3, S4) *HSFA* geninin ifadesine (2. ve 12. saatte) etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak KB ile sardırılmış bitkilere yapılan kuraklık stresi uygulamalarında (S1) *HSFA* geninin ifadesi 2. ve 12. saatte en yüksek düzeyde bulunmuştur (Şekil 2). Diğer stres (S2, S3, S4) uygulamalarının, sadece bakteri veya KB ile sardırılmış bitkilerde *HSFA* geninin üzerinde bir etkisi olmamıştır. *HSFA* geninin düşük dozda PEG uygulaması ile düzenlendiği gözlemlenmiştir.



Şekil 2. HSP ailesine ait *HSFA* geninin qPCR analizine göre ifadesi . B:Bakteri, S1: 0,25 PEG, S2: 0,50 PEG, S3: 0,75 PEG, S4: 1 PEG.

Figure 2. Expression of *HSFA* gene of HSP family genes by qPCR analysis . B:Bacteria, S1: 0,25 PEG, S2: 0,50 PEG, S3: 0,75 PEG, S4: 1 PEG.

En korunmuş protein ailelerinden biri olarak bilinen HSP70, protein katlanması, taşınması, denatüre proteinlerin parçalanması ve stres altında bitki büyümesinin düzenlenmesi gibi işlevlere sahiptir. Şaperon proteinler veya ko-şaperonlarla etkileşime girerek, HSP70 doğru protein katlanmasını destekler ve protein agregasyonunu önler. Bu, yanlış katlanmış veya hasarlı proteinlerin seçici olarak parçalanması için kritik önem taşır (Bukau ve Horwich, 1998; Leborgne-Castel ve ark.,1999; Sable ve Agarwal, 2018).

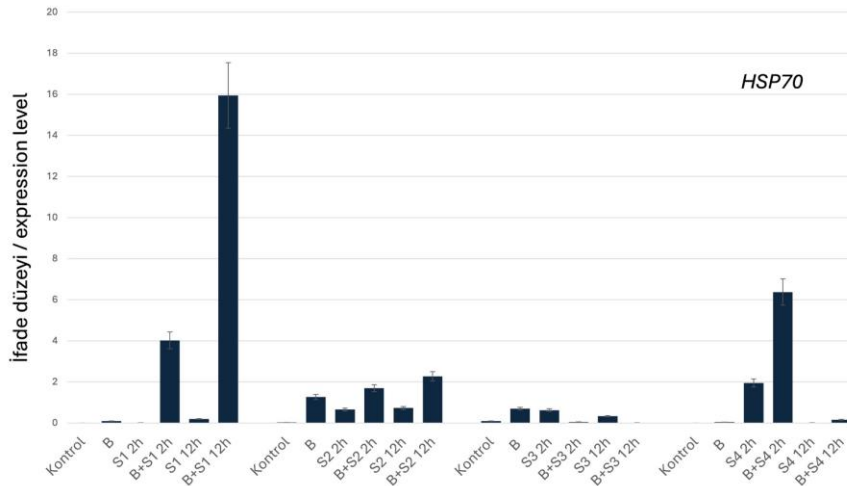
Abiyotik streslerdeki rollerinin yanı sıra, konukçu hücrenin viral enfeksiyonu sonrasında, HSP70'lerin virüs aktivitelerini düzenlemek üzere devreye girdiği rapor edilmiştir. Bu aktiviteler arasında viral proteinlerin replikasyonu, sentezi ve katlanması yer almaktadır (Aranda ve ark., 1996; Peremyslov ve ark., 1999). Ayrıca, HSP70'lerin konak bitkinin stres tepkilerinin düzenlenmesinde rol oynadığı ve bitki bağışıklık sistemini enfeksiyona karşı tetikleyebildiği gösterilmiştir. HSP70, ısı stresi tepki genlerinin ana düzenleyicileri olan ısı şoku transkripsiyon faktörleri (HSF'ler) ile etkileşime girerek aktivitelerini düzenler ve bitkilerin termotoleransını modüle eder (Ul Haq ve ark. 2019). HSP70'nin abiyotik stres altında absisik asit (ABA) sinyal yolak proteinlerinin aktivitesini düzenlediğini kanıtlanmıştır. ABA reseptör proteinleri

ile etkileşime girerek bunların parçalanmasını kolaylaştırdığı ve böylece ABA sinyalizasyonunu ve bitkinin stres tepkisini kontrol ettiği gösterilmiştir (Sarkar ve ark., 2013).

Ayrıca, HSP70 reaktif oksijen türleri (ROS) enzimlere bağlanabilir. Bu etkileşim, enzim aktivitesini artırarak oksidatif hasarın önlenmesine yardımcı olur (Mittler ve ark., 2012; Fragkostefanakis ve ark., 2015).

Bu çalışmada HSP70 geninin ifade profiline göre, kontrol bitkilere oranla S3 dışındaki tüm stres uygulamalarının HSP70 geninin ifadesini artırdığı tespit edilmiştir. Bitkilere yapılan B+S4 uygulamalarında, HSP70 geninin ifadesi 12. saatte en yüksek düzeye ulaşmıştır (Şekil 3). KB ile sardırılmış bitkilerde S4 stres uygulamasının indüklediği HSP70 geninin ifadesi 2. saatte artmışken 12. saatte baskılanmıştır. Literatür ile uyumlu olarak, HSP70 geninin ifadesi bakteri ile inoküle edilmiş ve stres uygulanmış bitkilerde yükselmiştir.

Bu veriler ışığında, *Bacillus cereus* bakterilerinin ısı şok protein (HSP) ailesine ait genlerin, ifade profillerini düzenleyerek domates bitkilerinin kuraklık stresine karşı toleransında rol oynadığı belirlenmiştir.



Şekil 3. HSP ailesine ait HSP70 geninin qPCR analizine göre ifadesi . B:Bakteri, S1: 0,25 PEG, S2: 0,50 PEG, S3: 0,75 PEG, S4: 1 PEG.

Figure 3. Expression of HSP70 gene of HSP family genes by qPCR analysis. B:Bacteria, S1: 0,25 M PEG, S2: 0,50 M PEG, S3: 0,75 M PEG, S4: 1 M PEG.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan kök Bakterileri ile sardırılmış domates bitkileri” Domates Bitkilerinin Kuraklık Stresine Toleransını Artırmada Kök Bakterilerinin Etkileri” başlıklı 117O126 numaralı TÜBİTAK

projesinden elde edilmiştir. Bu çalışma, Macide Elif Güçlüer’in Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmiş ve Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2021-22622).

LİTERATÜR LİSTESİ

- Altunlu, H. 2011. Aşılamanın Domateste Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Doktora tezi. İzmir-Türkiye. 206 s.
- Altunlu, H., G. Aydoner Coban, A. Gul, H. Ozaktan. 2024. Effect of Rhizobacteria On Drought Stress Tolerance of Tomato Plants at Vegetative and Fruiting Growth Stages. Journal of Crop Health 76: 195–208. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00941-1>.
- Altunlu, H., G. Aydoner Çoban, ve A. Gül. 2022. Domates genotiplerinin kuraklık stresine tolerans açısından tohum çimlendirme ve vegetatif gelişme aşamalarında hızlı taranmasına uygun testlerin optimizasyonu. Journal of Agriculture Faculty of Ege University 59(4): 697-707. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1117366>
- Aranda, M.A., M. Escaler, D. Wang, A.J. Maule. 1996. Induction of HSP70 and polyubiquitin expression associated with plant virus replication. Proc Natl Acad Sci. 93:15289–15293.
- Baniwal, S.K., K. Bharti, K.Y. Chan *et al.* 2004. Heat stress response in plants: a complex game with chaperones and more than twenty heat stress transcription factors. J Biosci. 29:471–487
- Bray, E. A. 1988. Drought- and ABA-Induced Changes in Polypeptide and mRNA Accumulation in Tomato Leaves. Plant Physiology. 88(4): 1210- 1214. doi: 10.1104/pp.88.4.1210
- Bukau, B., A.L. Horwich. 1998. The Hsp70 and Hsp60 chaperone machines. Cell 92(3):351–366.
- Cho, S.M., R. Beom, K. Yong, Y. Ang, C. oung, K. Heol. 2013. Transcriptomeanalysis of induced systemic Drought Tolerance Elicited by *Pseudomonaschlororaphis* O6 in Arabidopsis thaliana. Plant Pathol J. 29: 209–220.
- Dimkpa, C., T. Weinand, F. Asch. 2009. Plant-rhizobacteria interactions alleviateabiotic stress conditions. Plant Cell Environ. 32: 1682–1694.
- Djordjevic, MA., DW. Gabriel, BG. Rolfe. 1987. Rhizobium the Refined Parasite of Legumes. Annual review of phytopathology 25(1): 145-168.
- Ferreira MCB, MS. Fernandes, J. Döbereiner. 1987. Role of Azospirillum Brasilense Nitrate Reductase in Nitrate Assimilation by Wheat Plants. Biology and fertility of soils 4(1): 47-53.
- Fragkostefanakis, S., S. Roth, E. Schleiff, K.D. Scharf. 2015. Prospects of engineering thermotolerance in crops through modulation of heat stress transcription factor and heat shock protein networks. Plant Cell Environ. 38: 1881–1895.
- Guerra, D., C. Crosatti, H.H. Khoshro, A. M. Mastrangelo, E. Mica, Mazzucotelli, E. 2015. Post-transcriptional and post-translational regulations of drought and heat response in plants: a spider’s web of mechanisms. Front Plant Sci. 6:57.
- Gul, A., H. Ozaktan, L. Yolageldi, H. Altunlu, G. Aydoner Coban , G. Eryigit, O. Unay. 2021. In vitro selection of rhizobacteria for increasing drought tolerance of tomato plants. 1320:429-436. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic. 2021. 1320.57>.
- Jones, H.G. 2006. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. J Exp Bot. 58:119–130.
- Kaldenhoff, R. and M. Fischer. 2006. Aquaporins in plants. Acta Physiol. 187:169–176.
- Katiyar-Agarwal, S., M. Agarwal, and A. Grover. 2003. Heat-tolerant basmati rice engineered by over-expression of hsp101 . Plant Mol Biol 51:677–686. <https://doi.org/10.1023/A:1022561926 676>
- Kim, Y.C., B. Glick, Y. Bashan, C.M. Ryu. 2013. Enhancement of plant drought tolerance by microbes. In: Aroca, R. (Ed.), Plant Responses to Drought Stress.Springer Verlag, Berlin.
- Kotak, S., J. Larkindale, U Lee, P. von Koskull-Döring, E. Vierling, K. D. Scharf. 2007. Complexity of the heat stressresponse in plants. Curr Opin Plant Biol. 10:310–316.
- Kregel, K.C. 2002. Invited review: heat shock proteins: modifying factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance. J Appl Physiol. 92:2177–2186.
- Kumar, R.R., S. Goswami, S.K. Sharma, K. Singh, K. A. Gadpayle, N, Kumar, G. K. Rai, M. Singh, R. D. Rai. 2012 Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzymes, osmolyte, H2O2 and transcript of heat shock protein. Int J. Plant Physiol Biochem. 4:83–91.

- Lata, C., and M. Prasad. 2011. Role of DREBs in regulation of abiotic stress responses in plants. *J Exp Bot.* 62:4731–4748.
- Latif, F., F. Ullah, S. Mehmood, A. Khattak, A. Khan, S. Khan, I. Husain. 2016. Effects of salicylic acid on growth and accumulation of phenolics in *Zea mays* L. under drought stress. *Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci.* 66:325–332.
- Leborgne-Castel, N., E.P. Jelitto-Van Dooren, A.J. Crofts, J. Denecke. 1999. Overexpression of BiP in tobacco alleviates endoplasmic reticulum stress. *Plant Cell.* 11:459–470.
- Liberek, K., A. Lewandowska, S. Ziętkiewicz. 2008. Chaperones in control of protein disaggregation. *EMBO J.* 27:328–335.
- Lim, J.H., S.D. Kim. 2013. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in Pepper. *Plant Pathol. J.* 29, 201–208.
- Mittler, R., A. Finka, P. Goloubinoff. 2012. How do plants feel the heat? *Trends Biochem Sci.* 37: 118–125.
- Nouri, M.Z., S. Komatsu. 2013. Subcellular protein overexpression to develop abiotic stress tolerant plants. *Front Plant Sci.* 4:2.
- Peremyslov, V.V., Y. Hagiwara, V.V. Dolja. 1999. HSP70 homolog functions in cell-to-cell movement of a plant virus. *Proc Natl Acad Sci.* 96:14771–14776.
- Pérez-Clemente, R.M., V. Vives, S.I. Zandalinas et al 2013. Biotechnological approaches to study plant responses to stress. *Biomed Res Int.* <https://doi.org/10.1155/2013/654120>
- Priya, M., O.P. Dhanker, K.H.M. Siddique, B. Hanumantha Rao, R.M. Nair, S. Pandey, S. Singh, R.K. Varshney, P.V.V. Prasad, H. Nayyar. 2019. Drought and heat stress-related proteins: an update about their functional relevance in imparting stress tolerance in agricultural crops. *Theor Appl Genet.* 132(6):1607-1638. doi: 10.1007/s00122-019-03331-2. Epub 2019 Apr 2. PMID: 30941464.
- Rosenzweig, C., J. Elliott, D. Deryng, A.C. Ruane, C. Müller, A. Arneth, K.J. Boote, C. Folberth, M. Glotter, N. Khabarov, K. Neumann, F. Piontek, T.A. Pugh, E. Schmid, E. Stehfest, H. Yang, J.W. Jones. 2014. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proc Natl Acad Sci.* 111:3268–3273.
- Sable, A., and S.K. Agarwal. 2018. Plant heat shock protein families: essential machinery for development and defense. *Int J Biol Sci.* 4:51–64.
- Sarkar, N.K., P. Kundnani, A. Grover. 2013. Functional analysis of Hsp70 superfamily proteins of rice (*Oryza sativa*). *Cell Stress Chaperones.* 18: 427–437.
- Sarma, R. K., and R. Saikia. 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21, *Plant and Soil*, 377(1): 111-126. doi: 10.1007/s11104-013-1981-9.
- Sewelam, N., Y. Oshima, N. Mitsuda, M. OHME-TAKAGI. 2014. A step towards understanding plant responses to multiple environmental stresses: a genome-wide study. *Plant Cell Environ.* 37:2024–2035.
- Timmusk, S., A. Islam, D. Abd El, C. Lucian, T. Tanilas, A. Kannaste, L. Behers, E. Nevo, G. Seisenbaeva, E. Stenström, Ü. Niinemets. 2014. Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: Enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. *PLoS One* 9:1–13.
- Timmusk, S., and E. Nevo. 2011. Plant root associated biofilms. pp. 285–300. *In: Maheshwari, D.K.(Ed.). Bacteria in Agrobiolgy. Plant Nutrient Management 3.* Springer Verlag, Berlin,
- Timmusk, S., and E.G. Wagner. 1999. The plant-growth-promoting rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* induces changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression: a possible connection between biotic and abiotic stress responses. *Mol. Plant Microb. Interact.* 12: 951.
- Tuteja, N., and S.S. Gill. 2016. Abiotic stress response in plants. *Environmental Science, Biology, Agricultural and Food Sciences* Wiley, Hoboken. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:90643900>
- Udvardi, M.K., K. Kakar, M. Wandrey, O. Montanari, J. Murray, A. Andriankaja, J-Y. Zhang, V. Benedito, J.M.I. Hofer, F. Chueng, D. 2007. Christopher. Legume transcription factors: global regulators of plant development and response to the environment. *Plant Physiol.* 144:538–549.
- ul Haq, S., A. Khan, A. M. Khattak, W. X. Gai, H. X. Zhang, Z. H. Gong. 2019. Heat shock proteins: dynamic biomolecules to counter plant biotic and abiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences* 20(21): 5321-5352.
- Vishwakarma, K., N. Upadhyay, N. Kumar, G. Yadav, J. Singh, R.K. Mishra, V. Kumar, R. Verma, R.G. Upadhyay, M. Pandey, S. Sharma. 2017. Absciscic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects. *Front Plant Sci.* 8:161.
- Vurukonda S. S. K. P., S. Vardharajula, M. Shrivastava, A. SkZ. 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria, *Microbiological Research* 184: 13-24. ISSN 0944-5013, <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>.

- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environ Exp Bot* 61:199–223
- Wang, J., N. Sun, T. Deng, L. Zhang, K. Zuo. 2014. Genome-wide cloning, identification, classification and functional analysis of cotton heat shock transcription factors in cotton (*Gossypium hirsutum*). *BMC Genom* 15:961
- Wang, W., B. Vinocur, O. Shoseyov, A. Altman. 2004. Role of plant heatshock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. *Trends Plant Sci.* 9:244–252.
- Yang, J., J.W. Kloepper, C.M. Ryu. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Sci.* 14: 1–4.
- Ye, Y., Y. Ding, Q. Jiang, F. Wang, J. Sun, C. Zhu. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. *Plant Cell Rep.* 36:235–242.
- Zandalinas, S.I., R. Mittler, D. Balfagón, V. Arbona, A. Gómez-Cadenas. 2018. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiol Plant.* 162:2–12.
- Zhang, J., Y. Li, H-X Jia, J.B. Li, J. Huang, M.Z. Lu, J.J. Hu. 2015. The heat shock factor gene family in *Salix suchowensis*: a genome-wide survey and expression profiling during development and abiotic stresses. *Front Plant Sci* 6:74.

Milk and Dairy Products Consumption Behavior of Azerbaijan State Agricultural University Students

Sinan VELIZADE¹ 

Çiğdem TAKMA² 

Hakan ADANACIOĞLU^{3*} 

Oktay YERLIKAYA⁴ 

¹Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Zootechnical Department of Breeding and Feeding of Farm Animals, Ganja/
AZERBAIJAN

²Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Zootechnics, Bornova-İzmir/ TÜRKİYE

³Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Bornova-İzmir/ TÜRKİYE

⁴Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Dairy Technology, Bornova-İzmir/ TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0009-0001-3824-6124>

²<https://orcid.org/0000-0001-8561-8333>

³<https://orcid.org/0000-0002-8439-8524>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1532-4687>

Received (Geliş tarihi): 25.04.2025

Accepted (Kabul tarihi): 04.06.2025

ABSTRACT: Since Azerbaijan's independence in 1991, milk production has increased significantly. This study investigated the milk and dairy product consumption behavior of students at Azerbaijan State Agricultural University (ADAU) in Ganja. It fills a gap in research on milk consumption patterns among university students in Azerbaijan. Data were collected via a survey conducted with 418 students from various departments in March-April 2024, using a 22-item survey focusing on demographics, consumption habits, and purchasing behaviors. The majority of participants (64.1% male, over 90% single) were aged 17-22. Although students consumed milk, the frequency was relatively low. Both male and female students predominantly preferred plain milk, with street milk being the most common choice. Students primarily associated milk consumption with health benefits, which positively influenced their preferences. However, no single dominant factor limiting milk consumption was identified. Key factors affecting purchasing decisions included price, expiry date, place of purchase, and calorie content. The study suggests that government incentives to support milk and dairy product consumption in retail outlets, both on campus and in urban areas, could be beneficial. Additionally, organizing awareness-raising scientific activities and incorporating relevant undergraduate courses into the curriculum may promote healthier consumption behaviors among students.

Keywords: Milk, dairy products, consumer habits, Azerbaijan, Ganja.

Azerbaycan Devlet Tarım Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Davranışları

ÖZ: Azerbaycan'ın 1991'de bağımsızlığını kazanmasından bu yana süt üretimi dinamik bir şekilde artış göstermiştir. Bu çalışma, Gence'de bulunan Azerbaycan Devlet Tarım Üniversitesi (ADAU) öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim davranışlarını incelemektedir. Araştırma, Azerbaycan'daki üniversite öğrencilerinin süt tüketim kalıplarına dair literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Araştırmanın verileri Mart-Nisan 2024 döneminde üniversitenin farklı bölümlerinde öğrenim gören toplam 418 öğrenci ile gerçekleştirilen anket çalışması ile elde edilmiştir. Anket, demografik bilgiler, tüketim alışkanlıkları ve satın alma davranışlarına odaklanan 22 sorudan oluşmaktadır. Katılımcıların çoğunluğu (%64,1 erkek, %90'dan fazlası bekar) 17-22 yaş aralığındadır. Öğrenciler arasında süt tüketimi mevcut olsa da tüketim sıklığı nispeten düşüktür. Hem erkek hem de kadın öğrenciler ağırlıklı olarak sade sütü tercih etmiş, en yaygın tercih edilen süt türü sokak sütü olmuştur. Öğrenciler süt tüketimini genellikle sağlıkla ilişkilendirmiş ve bu durum tercihlerini olumlu yönde etkilemiştir. Ancak süt tüketimini sınırlayan belirgin tek bir etken saptanmamıştır. Satın alma kararlarını etkileyen başlıca faktörler fiyat, son kullanma tarihi, satın alma yeri ve kalori içeriği olmuştur. Çalışma, kampüs içi ve kentsel alanlardaki perakende satış noktalarında süt ve süt ürünleri tüketimini desteklemeye yönelik devlet teşviklerinin faydalı olabileceğini önermektedir. Ayrıca, farkındalık artırıcı bilimsel etkinliklerin düzenlenmesi ve lisans programlarına ilgili derslerin dahil edilmesi, öğrenciler arasında daha sağlıklı tüketim davranışlarını teşvik edebilir.

Anahtar kelimeler: Süt, süt ürünleri, tüketici alışkanlıkları, üniversite, Azerbaycan, Gence.

INTRODUCTION

Milk is a valuable food source that has an important place in human nutrition. Since the beginning of human history, dairy farming, and production have

been a basic source of nutrition in various cultures. Milk is a food of critical importance in growth and development with its high nutritional value (Kart and Demircan, 2014). Milk and dairy products contain

animal-derived protein, calcium, B vitamins, phosphorus, minerals, and vitamins (Tekinşen and Tekinşen, 2005). In addition to providing the necessary energy for the body, these foods positively affect bone health, muscle development, digestive system functions, and general health. Especially milk and dairy products rich in calcium play an effective role in strengthening bones and preventing bone diseases such as osteoporosis. On the other hand, milk and dairy product consumption varies worldwide. Many factors such as geographical factors, economic status, and level of health awareness affect the consumption habits of milk and dairy products. For example, in some regions milk and yogurt are traditionally consumed frequently, while in other regions cheese or butter may be more popular. In addition, products obtained from milk such as cheese, yogurt, and cream may be consumed by a wide range of consumers in some regions (Can, 2020).

Another important factor affecting milk and dairy consumption behaviors is cultural habits. Especially in some regions, milk, and dairy products are considered an important component of traditional meals, while in the other areas they are consumed less. These cultural differences can effectively determine the consumption pattern of milk and dairy products (Ayar and Nizamoğlu, 2002). Studies conducted to determine the consumption behaviors of milk and dairy products generally consider individuals' demographic characteristics such as age, gender, education level, and income level, as well as health habits and awareness levels (Kızıloğlu and Kızılaslan, 2015). These factors play an important role in explaining variations in the consumption of milk and dairy products.

Nowadays, many people consider milk and dairy products as part of their daily dietary habits, while others avoid consuming them. For example, some people may have allergic reactions to dairy products, while others think that dairy products have negative effects on the digestive system. However, increasing health awareness has led to an increased demand for milk and dairy products for important nutrient needs such as calcium and protein (Yerlikaya and Karagözlü, 2008).

Understanding the factors affecting milk and dairy consumption behaviors is important for promoting healthy eating habits and meeting the nutritional needs

of society. Therefore, research focused on determining milk and dairy consumption behaviors can help to design nutrition policies and health campaigns more effectively.

Although there are many studies examining consumer behaviors towards milk and dairy products at the household level, there are fewer studies examining the issue within the scope of university students (Selçuk *et al.*, 2003; Tarakçı *et al.*, 2003; Cevger *et al.*, 2008, Çetinkaya, 2010; Şimşek and Açıkgöz, 2011; Önay Derin and Emdirme; 2012; Yahia *et al.*, 2016; Şahinöz and Özdemir, 2017; Karakayacı *et al.*, 2018; Yabancı Ayhan *et al.*, 2018; Özyürek *et al.*, 2019; Terzioğlu and Bakırcı, 2019; Sancak and Başat Dereli, 2019, Ngo *et al.*, 2019; Özbey, 2020; Güldal *et al.*, 2020; Para *et al.*, 2020; Kumbasaroğlu and Erem Kaya, 2020; Ürkek and Taş, 2021; Güler *et al.*, 2021). In this study, it was aimed to determine the behaviors of students studying at Azerbaijan State Agricultural University toward the consumption of milk and dairy products. The fact that the subject has not been previously examined within the scope of university students in Azerbaijan increases the importance of this study. Milk production has been growing dynamically since Azerbaijan gained its independence in 1991. Milk production increased more than 2.3 times in 2020 compared to 1991. The increase was 2.3-fold in cow milk production and 2.4-fold in sheep and goat milk production. In 2020, 98.4% of 2192.5 thousand tons of milk produced in Azerbaijan was cow's milk. In 2020, the total value of livestock products was 4,400.5 million manats, of which 29.3% was milk. Milk production per capita in Azerbaijan increased by 69% from 130 kg in 2000 to 220 kg in 2020. However, Azerbaijan's milk production capacity is below the world average. Although there has been an improvement in milk production in Azerbaijan since its independence in 1991, the per capita consumption of milk and dairy products is below the physiological norms and the world average (Huseyn, 2022).

MATERIAL AND METHODS

Data Collection

The main material of this study was the data collected through questionnaires from the students at Azerbaijan State Agricultural University in the academic year 2023-2024. Taherdoost (2021) emphasized that researchers use different approaches to gather and collect primary data for specific purposes, and that the

validity, reliability, objectivity, and authenticity of primary data are greater compared to secondary data types. The sample size was determined by the method of clustered one-stage simple random probability sampling based on the main population proportions proposed by Collins (1986) according to the following formula:

$$n = t^2 * [1 + (0,02) (b-1)] * (p*q)/e^2 \quad (1)$$

The terms in the formula are; n: Sample size, t: Table value t corresponding to a 5% significance level, b: Sampling stage (taken as 1 since it is a one-stage sampling), p: Probability of occurrence of the investigated event in the population (assumed to be 0.5%), q: probability (1-p) that the event under study does not occur, e: indicates a 5% margin of error.

Sample size according to the equation for simple random sampling:

$$n = t^2 * (p*q)/e^2$$

$$(2), n = 1,96^2 * (0,5*0,5)/0,05^2$$

$$(3), n = 384.$$

Statistical Analysis

Due to the high participation rate of the students at the Azerbaijan State Agricultural University, more than 384 people were reached during the implementation of the research questionnaires. In this regard, an additional survey was conducted with 34 people, and by adding these valid questionnaires, data were obtained from a total of 418 students. This research was approved by the ethics committee with the decision of the Scientific Research and Publication Ethics Review Board of Azerbaijan State Agricultural University dated 16/09/2024 and protocol number 3-22-23/3-1-1516/2024. In this study, in which the online Google survey form was used, a questionnaire was applied to the students voluntarily. The questionnaire form consisted of 22 questions covering general descriptive characteristics, milk and dairy product consumption, and purchasing behavior sections. The data obtained from the questionnaire were transferred to the computer environment and frequency distributions and descriptive statistics were analyzed. The chi-square test was applied to examine the gender-related changes in the factors affecting purchasing behavior. The Chi-square test is a reliable

statistical method employed to assess whether two categorical variables are independent (Bai *et al.*, 2025). The results obtained were tabulated and interpreted. IBM SPSS v25 was used in all statistical analyses of the study.

RESULTS AND DISCUSSION

Demographic Characteristics of Participants

In this section, the demographic characteristics of the respondents among the students studying at Azerbaijan State Agricultural University are given. As shown in Table 1, when the gender distribution of the students participating in the survey was analyzed; 64.1% of the students were male and 35.9% were female.

Information on the age groups, education, marital and employment status, and place of residence of the students who participated in the survey are shown in Table 1. A significant portion of the students participating in the survey were between the ages of 17-22. The rate of those between the ages of 17-22 was 93.7% for males and 86% for females. The proportion of students between the ages of 23-30 was higher among female students. The educational status of the students who participated in the survey was analyzed in terms of their most recent level of graduation, and as expected, the proportion of high school graduates was found to be high for both males (78.4%) and females (64.7%). Both males and females had associate's, bachelor's, and graduate degrees, and the proportion of associate's degree holders was higher among female students.

When the marital status of the participants was analyzed, it was seen that, as expected, the rate of single students was high among both males and females. Among the participants, including married and widowed students, the proportion of single students was higher among males (95.1%) than females (90.7%). While 76.5% of male students resided in the center of Ganja, the place of residence of female students was approximately equally distributed between the center and outside of Ganja. Most of the students lived in households of 3 to 4 people.

The average monthly household income of male students (888 AZN) was higher than that of female students (621 AZN) (Table 2). It is estimated that this is because male students have a higher employment rate than female students. In other words, male

students have a higher employment rate and have higher monthly household incomes than female students because they provide additional income to their households by working.

Table 1. Some demographic characteristics of the participants.

Demographic Characteristics		Male		Female	
Gender		Frequency	%	Frequency	%
		268	64.1	150	35.9
Age Groups					
17-22		251	93.7	129	86.0
23-30		14	5.2	18	12.0
31-37		3	1.1	3	2.0
Education	High School	210	78.4	97	64.7
	Undergraduate	30	11.2	17	11.3
	Associate degree	26	9.7	34	22.7
	Graduate	2	0.7	2	1.3
Marital status	Single	255	95.1	136	90.7
	Widow	1	0.4	5	3.3
	Married	12	4.5	9	6.0
Employment	Working	49	18.3	11	7.3
	Not working	219	81.7	139	92.7
Place of Residence	Ganja Center	205	76.5	86	57.3
	Outside Ganja	63	23.5	64	42.7
Number of Households	1 person	8	3.0	2	1.3
	2 persons	12	4.5	10	6.7
	3-4 persons	147	54.9	68	45.3
	5 +	101	37.7	70	46.7

Table 2. Descriptive statistics of participants' household income level.

Monthly Household Income		N	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
Gender	Male	268	100	7000	888.36	921.41
	Female	150	100	4000	621.03	538.12

Milk and Dairy Products Consumption Behaviors of Participants

Drinking milk consumption status

Among the students who participated in the survey, 64.6% of the males and 69.3% of the females consumed drinking milk (Table 3). It was seen that milk consumption rates were relatively high among both genders. Some previous studies conducted on a similar target group also revealed that the drinking

milk consumption rate of male and female students was high. According to a survey conducted with 311 undergraduate students from various faculties at Konya Selçuk University, 84.1% and 86.9% of male and female students, respectively, consumed milk in this way (Önay Derin and Emdirme, 2012). According to a survey of 588 university students living in dormitories in Ankara, 71.3% and 78.1% of male and female students consumed milk (Yabancı Ayhan *et al.*, 2018).

Table 3. Drinking milk consumption status of the participants.

Drinking milk consumption status	Male		Female	
	Frequency	%	Frequency	%
Yes	173	64.6	104	69.3
No	95	35.4	46	30.7

Neither this study nor the findings of the previous studies mentioned above should lead to a perception that milk consumption is widespread among students. The result obtained in this study reflects the response to the question “Do you consume drinking milk?” that was asked of the participant students during the surveys. It was seen that the answers obtained in similar studies were obtained with the same question. However, it is possible to say that the amount of milk consumed by those who consume milk is low due to various reasons. The opinions of the students participating in the survey on the adequacy of the

amount of milk consumed confirm this. While 22.8% of the males selected the option “No Idea” about the amount of milk consumption, this rate was 19.3% for females. While the rate of males who stated that their milk consumption was “Very Insufficient” was 18.3%, this rate was 16.0% for females. A small portion of the students found milk consumption insufficient and the rate of males who thought it was “insufficient” was 4.9%, while this rate was 8.0% for females. The rate of males who thought it was “adequate” was 54.1%, while this rate was 56.7% for females (Table 4).

Table 4. Participants' opinions on the adequacy of the amount of milk consumption

		Male		Female	
		Frequency	%	Frequency	%
Consumption Amount of Drinking Milk	No Idea	61	22.8	29	19.3
	Very Inadequate	49	18.3	24	16.0
	Adequate	145	54.1	85	56.7
	Insufficient	13	4.9	12	8.0

Although the proportion of students who think that drinking milk consumption is adequate is slightly more than 50%, the fact that the proportion of those who do not express an opinion on the adequacy of drinking milk consumption and the proportion of those who think that it is “very inadequate” or “inadequate” is 46% for males and 43.3% for females in total shows that whether the amount of milk consumption is adequate among the students of Azerbaijan State Agricultural University is questionable. If it is assumed that the amount of milk consumption of the students who did not express an opinion about the adequacy of their milk consumption is insufficient; it can be stated that the amount of milk consumption of approximately 50% of males and females is insufficient.

In the results of previous studies related to the adequacy of milk consumption by students, the inadequacy of the amount of milk consumption was generally emphasized. In a survey study conducted with 361 undergraduate students at Samsun Ondokuz Mayıs University, the rate of students who stated that they drink milk in general was 86.43% (86.79% for males and 86.14% for females), while the rate of students who stated that they drink milk regularly every day was 18.28% (16.35% for males and 19.80% for females) (Güler *et al.*, 2021). According to a survey conducted with 380 students at Erzincan Binali Yıldırım University, the rate of regular drinking milk

consumption was 17.89% for males and 25.30% for females (Kumbasaroğlu and Erem Kaya, 2020). In a survey study conducted with the participation of 273 students studying at Bitlis Eren University Tatvan Vocational School, it was determined that although approximately 76% of the participants liked to drink milk, 89% of them did not have the habit of consuming milk regularly. Approximately 9% of female students and 13% of male students consumed milk every day (Sancak and Başat Dereli, 2019). According to a survey study conducted with 151 students studying at different faculties and colleges of Selçuk University, 71.52% of the participants were found to consume milk and dairy products irregularly (Karakayacı *et al.*, 2018). According to a study conducted on 400 students studying in different faculties of Erzincan University, although 67% of the students liked to drink milk, it was pointed out that the amount of milk consumed per person was insufficient (Terzioğlu and Bakırcı, 2019). According to a survey conducted with 60 students studying in different faculties of Yuzuncu Yil University, 76% of the students consumed milk, while 83.86% of the students consumed milk irregularly (Tarakçı *et al.*, 2003). According to another survey conducted with 40 students from different faculties of Yuzuncu Yil University, 60.77% of the students consumed milk irregularly (Selçuk *et al.*, 2003). According to the findings of a survey conducted with 730 students

studying in different departments of Kafkas University, the rate of drinking milk consumption of the students participating in the survey was 33% and it was revealed that 76% of these students preferred other dairy products to milk (Çetinkaya, 2010).

On the other hand, the results of some previous studies on the adequacy of students' milk consumption emphasize regular milk consumption. According to a cross-sectional survey conducted on a sample of undergraduate students at Central Michigan University in Michigan, USA, 71% of males and 66% of females drank milk every day (Yahia *et al.*, 2016). According to a study conducted on 120 students studying at Gümüşhane University, 70% of the students regularly drank milk and 82.5% of them consumed milk and dairy products daily (Şahinöz and Özdemir, 2017).

Milk consumption preferences of participants

Milk consumption preferences of the participants are shown in Table 5 according to type. According to milk type, more than 70% of both male and female students preferred plain milk. In the preference according to milk type, it was seen that both male and female

students preferred street milk. After street milk, the most preferred milk type was pasteurized milk. It is predicted that the preference rates of students for street milk may be related to the socio-economic development level of the cities where the universities are located. It should be considered that these results obtained for the city of Ganja in Azerbaijan may be different for the capital Baku. For example, according to the results of a survey conducted with 588 university students living in dormitories in Ankara, the capital of Türkiye, 2.4% and 1.3% of male and female students, respectively, consumed street milk (Yabancı Ayhan *et al.*, 2018). According to another survey conducted with 150 students at Ankara University Faculty of Agriculture, only 2% of the students stated that they prefer street milk (Güldal *et al.*, 2020). According to a survey study conducted with 273 students studying at Bitlis Eren University Tatvan Vocational School in Bitlis, which has a lower socio-economic development ranking compared to Ankara, street milk was found to be the most preferred milk type by 61.53% of the students (Sancak and Başat Dereli, 2019).

Table 5. Distribution of participants' milk consumption preferences by gender

Milk consumption preference		Male		Female	
		Frequency	%	Frequency	%
Milk Type	Flavored	59	22.0	40	26.7
	Plain milk	209	78.0	110	73.3
Type	Pasteurized milk	65	24.3	45	30.0
	Street milk	190	70.9	93	62.0
	UHT	13	4.9	12	8.0

As mentioned above, it was seen that both male and female students studying at Azerbaijan State Agricultural University mostly preferred street milk. Being natural was the most common reason for males (85.8%) and females (85.3%) to consume street milk. The preference for street milk for its taste or flavor was seen in 7.5% of males and 7.3% of females. Preference for street milk because it is easy to obtain was 6.7% among males and 7.3% among females (Table 6).

Street or open milk seriously threatens public health and should be carefully monitored and controlled. Mert *et al.* (2020) pointed out that raw milk provides a very favorable environment for microbiological activity and rapid growth of microorganisms and shared the findings of many studies on the harms of

street milk. Mert *et al.* (2020) emphasized that there are pathogens and other microorganisms in street milk that threaten public health at a very serious level, so street milk consumption should be strictly prohibited.

In Azerbaijan, where this research was conducted, it is also noted that there are important problems related to raw milk quality. Huseyn (2022) states that 80% of dairy cattle farms in Azerbaijan have 2 to 4 cows, have low milk yield per head, and produce poor-quality raw materials. Huseyn (2022) emphasizes that there are often problems with the quality of raw milk produced by small farms and states that these problems are caused by milk from sick animals, milk diluted with water, non-compliance with hygienic rules, etc.

Table 6. Distribution of participants' reasons for consuming street milk (open milk) by gender

		Male		Female	
		Frequency	%	Frequency	%
Reasons for consuming street milk	Taste	20	7.5	11	7.3
	Natural	230	85.8	128	85.3
	Easy to procure	18	6.7	11	7.3

Causal factors directing and limiting participants' drinking milk consumption

To determine the factors influencing male and female students at Azerbaijan State Agricultural University to consume milk, various propositions were presented to each participant during the questionnaires of this study (Table 7). Overall, 71.3% of male and 72.7% of female students agreed with the statement “I consume milk because I find it healthy”. The proportion of students who agreed with the statement “I consume milk because I like drinking milk” was 61.2% for males and 59.7% for females. The rate of those who agreed with the statement “I consume milk because I like the smell/taste of milk” was 57.3% for males and 48.7% for females. It cannot be said that the effect of habits on students' milk consumption is high. The rate of those who agreed with the statement “I consume milk out of habit” was 48.5% for males and 42.7% for females. The fact that students are influenced by their own families in milk consumption is one of the important findings of the study. The proportion of students who agreed with the statement “I consume milk according to the family's dietary rules” was 58.5% for males and 59.4% for females.

According to these results, it can be said that more than 70% of the students at Azerbaijan State Agricultural University associate milk consumption mostly with health and therefore prefer it. In addition, about 60% of the students consume milk because they like to drink milk. Family tradition was also found to be an important causal factor leading students to consume milk. As mentioned above, approximately 60% of the students agreed that family traditions affected their milk consumption.

Some previous studies have also found that the main reasons for milk consumption among university students were related to health and nutrition. According to the results of a survey conducted with 588 university students living in dormitories in Ankara, the capital of Türkiye, 51.7% and 58.2% of male and female students, respectively, reported that the main reason for drinking milk was healthy nutrition (Yabancı Ayhan *et al.*, 2018). According to a survey study conducted with 273 students studying at Bitlis Eren University Tatvan Vocational School, the most common reason for students to drink milk was the nutritional properties of milk (Sancak and Başat Dereli, 2019). According to a study conducted with 311 undergraduate students studying in various faculties at Konya Selçuk University, the nutritional feature of milk was the main reason why male and female students consumed milk (Önay Derin and Emdirme, 2012). According to the findings of another survey conducted with 730 students studying in different departments of Kafkas University, 46% of the students who participated in the survey consumed milk because it was nutritious (Çetinkaya, 2010). According to a study conducted with 60 students studying in different faculties of Yuzuncu Yıl University, 60.16% of the students consumed milk because it is nutritious (Tarakçı *et al.*, 2003). According to a survey study conducted by Özbey (2020) on 1200 students studying in different units of Hitit University, it was stated that 69.7% of the students consumed milk because they liked drinking milk.

Table 7. Participants' level of agreement with various propositions that may be effective in encouraging drinking milk consumption

		Male		Female	
		Frequency	%	Frequency	%
I consume milk because I find it healthy	Undecided	39	14.6	25	16.7
	Agree	87	32.5	66	44.0
	Strongly Agree	104	38.8	43	28.7
	Strongly Disagree	38	14.2	16	10.7
I consume milk because I like drinking milk	Undecided	62	23.1	23	15.3
	Agree	97	36.2	70	46.7
	Strongly Agree	67	25.0	21	14.0
	Strongly Disagree	42	15.7	36	24.0
I consume milk because I like the smell/taste of milk	Undecided	74	27.6	36	24.0
	Agree	103	38.4	60	40.0
	Strongly Agree	49	18.3	13	8.7
	Strongly Disagree	42	15.7	41	27.3
I consume milk out of habit	Undecided	73	27.2	48	32.0
	Agree	104	38.8	56	37.3
	Strongly Agree	26	9.7	8	5.3
	Strongly Disagree	65	24.3	38	25.3
I consume milk according to family dietary rules	Undecided	66	24.6	40	26.7
	Agree	96	35.8	73	48.7
	Strongly Agree	61	22.8	16	10.7
	Strongly Disagree	45	16.8	21	14.0

To determine the factors limiting the consumption of milk by male and female students of Azerbaijan State Agricultural University, various propositions were presented to each participant (Table 8). It was found that 45.9% of male and 45.3% of female students agreed with the statement “I do not consume milk because I do not find it healthy”. The rate of those who disagreed with this statement was also high, approximately 40% for both male and female students. The rate of students who agreed with the statement “I do not consume milk because I do not like drinking milk” was 50% for males and 46.7% for females. The rate of students who agreed with the statement “I do not consume milk because I do not like the smell/taste of milk” was 48.5% for males and 45.3% for females. The rate of those who disagree with the statement “I do not consume milk because I do not consider it necessary to drink milk” was higher. The rate of those who disagreed with this statement was 42.2% for males and 42% for females. It can be said that the rate of those who disagreed with the statement “I do not consume milk because I find the milk price expensive” was also high. 42.2% of the males and 38.7% of the females disagreed with this statement.

When the attitudes of Azerbaijan State Agricultural University students towards possible factors that may limit drinking milk consumption are examined in

general, it may not be a correct approach to emphasize any limiting factor. Indeed, less than half of the students generally agreed with all possible limiting factors. In previous studies, taste/smell and lack of consumption habits were found to be the main limiting factors for students' milk consumption. According to a survey conducted with 150 students at Ankara University Faculty of Agriculture, 57.14% of the students did not consume milk because they did not like the taste and/or smell of milk (Güldal *et al.*, 2020). In the studies conducted by Önay Derin and Emdirme (2012) at Konya Selçuk University and Tarakçı *et al.* (2003) at Yüzüncü Yıl University, it was determined that most of the students did not consume milk due to its taste and odor. According to a survey study conducted with 273 students studying at Bitlis Eren University Tatvan Vocational School, it was stated that the most common reason why students (50.92%) did not drink milk is the lack of milk consumption habits (Sancak and Başat Dereli, 2019). In the studies conducted by Özbey (2020) at Hitit University and Özyürek *et al.* (2019) at Erzincan University, lack of consumption habits was the main reason why students did not consume milk. According to the results of a survey conducted with 588 university students living in dormitories in Ankara, 54.1% of the students did not drink milk because they did not like drinking milk (Yabancı Ayhan *et al.*, 2018).

Table 8. Participants' agreement with various propositions that may limit drinking milk consumption.

Propositions		Male		Female	
		Frequency	%	Frequency	%
I do not consume milk because I do not find it healthy	Undecided	36	13.4	23	15.3
	Agree	99	36.9	48	32.0
	Strongly Agree	24	9.0	20	13.3
	Strongly Disagree	109	40.7	59	39.3
I do not consume milk because I do not like drinking milk	Undecided	45	16.8	29	19.3
	Agree	106	39.6	49	32.7
	Strongly Agree	28	10.4	21	14.0
	Strongly Disagree	89	33.2	51	34.0
I do not consume milk because I do not like the smell/taste of milk	Undecided	56	20.9	36	24.0
	Agree	102	38.1	50	33.3
	Strongly Agree	28	10.4	18	12.0
	Strongly Disagree	82	30.6	46	30.7
I do not consume milk because I do not consider it necessary to drink milk	Undecided	54	20.1	30	20.0
	Agree	86	32.1	45	30.0
	Strongly Agree	15	5.6	12	8.0
	Strongly Disagree	113	42.2	63	42.0
I do not consume milk because I find the milk price expensive	Undecided	44	16.4	27	18.0
	Agree	94	35.1	58	38.7
	Strongly Agree	17	6.3	7	4.7
	Strongly Disagree	113	42.2	58	38.7

Analysis of the change in participants' milk and dairy product purchasing behavior according to gender

The frequency of consumption of milk and dairy products by students at Azerbaijan State Agricultural University was examined within the scope of drinking milk including UHT and pasteurized milk, raw milk, khama, yogurt, shor, labne, kesmik, kaymak, cream, butter, cheese, and kefir (Table 9). It was seen that the

frequency of consumption of milk and dairy products was generally low or close to medium frequency. In a sense, it can be said that students' consumption of milk and dairy products is insufficient. When the statistical analysis results related to the significance of the change in the frequency of consumption of milk and dairy products according to gender are examined, it is revealed that there is no statistically significant difference between genders ($p>0.05$).

Table 9. Change in the frequency of milk and dairy product consumption of the participants according to gender

Products	Gender	N	Rank Mean	Mean*	Std. Deviation	p
Drinking milk**	Male	268	203.96	2.29	1.21	0.19
	Female	150	219.40	2.44	1.20	
Raw Milk	Male	268	208.43	2.23	1.23	0.80
	Female	150	211.42	2.25	1.23	
Hama	Male	268	212.05	2.29	1.25	0.55
	Female	150	204.95	2.83	1.32	
Yogurt	Male	268	214.43	2.23	1.23	0.25
	Female	150	200.70	3.33	1.35	
Shor	Male	268	212.81	3.06	1.32	0.44
	Female	150	203.58	2.97	1.29	
Labne	Male	268	205.15	2.13	1.21	0.30
	Female	150	217.27	2.24	1.20	
Kesmik	Male	268	210.60	2.69	1.35	0.80
	Female	150	207.53	2.65	1.32	
Kaymak	Male	268	211.88	2.96	1.33	0.58
	Female	150	205.24	2.89	1.38	
Cream	Male	268	207.07	2.47	1.21	0.57
	Female	150	213.83	2.55	1.27	
Butter	Male	268	215.21	3.50	1.30	0.18
	Female	150	199.29	3.33	1.30	
Cheese	Male	268	205.22	2.07	1.23	0.31
	Female	150	217.15	2.21	1.29	
Kefir	Male	268	202.76	2.44	1.36	0.12
	Female	150	221.54	2.63	1.29	

*Likert scale mean; 1: I never consume; 5: I consume constantly **UHT, pasteurized milk

The frequency of purchase of milk and dairy products by the students at Azerbaijan State Agricultural University according to the place of purchase was analyzed within the framework of supermarkets, dairies, grocery stores, local markets, local milk vendors/milkman, and other sales places (Table 10). According to the purchase frequencies of the students, supermarkets are the sales places where milk and dairy products are purchased the most. However, it is noteworthy that supermarkets are not the places where milk and dairy products are purchased continuously according to the average purchase frequency. In the studies conducted by Selçuk *et al.* (2003), Tarakçı *et al.* (2003), Cevger *et al.* (2008), Karakayacı *et al.* (2018), Terzioğlu and Bakırcı (2019), Sancak and Başat Dereli (2019) and Kumbasaroğlu and Erem Kaya (2020) in different universities, it was found that most of the students purchased milk or dairy products from supermarkets. The use of dairy farms, grocery

stores, local markets, local milk vendors, and other outlets for milk and dairy products by students at Azerbaijan State Agricultural University was close to low or medium frequency.

When the change in the sales places where milk and dairy products are purchased according to gender was analyzed, a significant difference was found between male and female students in the preference for milk and dairy products purchased from supermarkets ($p=0.04$). Accordingly, males use supermarkets more frequently than females when shopping for milk and dairy products. Purchasing milk and dairy products from local milk vendors also showed a significant difference depending on gender ($p=0.04$). According to this result, the frequency of use of local milk vendors was higher among male students than female students. In other sales points (dairy, grocery, local market, and others), no significant difference was found according to gender ($p>0.05$).

Table 10. Change in the frequency of purchase of milk and dairy products by place of purchase according to gender

Places Purchased	Gender	N	Rank Mean	Mean*	Std. Deviation	p
Supermarket	Male	268	218.58	3.50	1.22	0.04**
	Female	150	193.28	3.20	1.32	
Dairy	Male	268	210.85	2.61	1.27	0.75
	Female	150	207.08	2.57	1.22	
Grocery Store	Male	268	213.78	2.76	1.16	0.32
	Female	150	201.85	2.65	1.15	
Local Market	Male	268	212.36	2.66	1.28	0.51
	Female	150	204.39	2.57	1.22	
Milkman/local milk vendor	Male	268	218.17	2.12	1.26	0.04**
	Female	150	194.01	1.86	1.14	
Other	Male	268	213.54	2.32	1.29	0.34
	Female	150	202.28	2.19	1.26	

*Likert scale mean: 1: I never buy; 5: I always buy **statistically significant for $p\leq 0.05$

The factors that may affect the purchase decision of the participants in milk and dairy products shopping were examined within the scope of price, brand, quality, flavor, packaging, labeled product, additive, calorie amount, expiration date, and place of supply (Table 11). According to the Likert scale average, it was seen that price, expiration date, place of supply, and calorie amount were more effective than other factors in the decision of the participants to purchase milk and dairy products. The effect of these four factors on the purchase decision of the participants was found to be moderate. The effect of other factors on the purchase decision of the participants was determined as less effective.

It was seen that price and expiration date, which are among the factors that are effective in the purchase

decision of milk and dairy products by students at Azerbaijan State Agricultural University, are among the important factors found in previous studies. In studies conducted for students in different universities in Türkiye, the main factors affecting students' decision to purchase milk or dairy products were determined as expiration date, brand, hygiene and price by Tarakçı *et al.* (2003); brand, price, production and expiration date by Terzioğlu and Bakırcı (2019); quality and expiration date by Sancak and Başat Dereli (2019); brand, expiration date, hygiene and price by Kumbasaroğlu and Erem Kaya (2020); and freshness, brand, hygiene and price by Ürkek and Taş (2021). In the study conducted by Ngo *et al.* (2019) with 520 students in Vietnam, it was determined that the five main determinants affecting the brand of dairy products and students' decision to purchase fresh milk

were: product quality, reasonable price, product promotion, and customer service, product suitability and the attitude of the reference group towards the brand.

There was a significant difference between male and female students in terms of price, packaging, and expiration date factors in the purchase decision of participants in milk and dairy products shopping ($p=0.04$, $p=0.04$, and $p=0.05$, respectively). Accordingly, the effect of price, packaging, and

expiration date on students' decision to purchase milk and dairy products was higher in males than in females. In terms of brand, quality, flavor, labeled product, additive, calorie amount, and place of supply, there was no significant difference in the purchase of milk and dairy products according to gender ($p>0.05$). A study conducted in Türkiye showed that women who consume drinking milk tended to prefer more brands compared to men. However, it was found that there was no significant relationship between gender and brand preference (Kahraman and Uysal, 2020).

Table 11. Variation of the factors that may affect the purchasing decision of the participants in milk and dairy products shopping according to gender.

Factors	Gender	N	Rank Mean	Mean*	Std. Deviation	p
Price	Male	268	218.58	3.50	1.22	0.04**
	Female	150	193.28	3.20	1.32	
Brand	Male	268	210.85	2.61	1.27	0.75
	Female	150	207.08	2.57	1.22	
Quality	Male	268	213.78	2.76	1.16	0.32
	Female	150	201.85	2.65	1.15	
Flavor	Male	268	212.36	2.66	1.28	0.51
	Female	150	204.39	2.57	1.22	
Packaging	Male	268	218.17	2.12	1.26	0.04**
	Female	150	194.01	1.86	1.14	
Tagged product	Male	268	213.54	2.32	1.29	0.34
	Female	150	202.28	2.19	1.26	
Additives	Male	268	216.26	2.79	1.30	0.11
	Female	150	197.43	2.59	1.27	
Calorie count	Male	268	211.19	3.04	1.31	0.69
	Female	150	206.48	2.99	1.36	
Expiration date	Male	268	217.82	3.60	1.38	0.05**
	Female	150	194.63	3.28	1.52	
Place of supply	Male	268	217.34	3.44	1.33	0.07
	Female	150	195.49	3.17	1.44	

*1: Not at all effective; 5: Absolutely effective. **Statistically significant for $p\leq 0.05$

CONCLUSION

The results of this study have made an important contribution to the literature in terms of revealing the behaviors of university students in Azerbaijan towards the consumption of milk and dairy products for the first time with the example of Azerbaijan State Agricultural University. In general, it was seen that the behaviors of university students in Azerbaijan towards milk and dairy product consumption are similar to the findings of similar studies conducted in different countries. According to the main findings of this study, although Azerbaijan State Agricultural University students consume milk, the milk consumption frequency is low for various reasons. The preference made according to milk type revealed that street milk is predominant in both male and female students. It was determined that a significant

majority of the students of Azerbaijan State Agricultural University associate milk consumption with health and therefore prefer it. No possible dominant reason that could limit the consumption of drinking milk by the students participating in the study was encountered. It was determined that price, expiration date, place of supply, and calorie content were more effective than other factors in the purchasing decisions of the participants.

The findings of this study reveal that some important factors are limiting the development of milk and dairy consumption among university students in Azerbaijan. Inadequate consumption of milk and dairy products by students is one of these problems. Another problem encountered is that students do not consume consciously. An example of this is that most of the students prefer street milk, which is considered unhealthy, thinking that it is natural. Considering

these two limiting factors, some important strategies need to be implemented both to increase the consumption of milk and dairy products and to improve the conscious consumption habits of the students of Azerbaijan State Agricultural University. Implementation of government incentives to support students' consumption of milk and dairy products both at the university and at retail outlets in the cities, organizing scientific activities to increase student's awareness and consciousness of healthy consumption

of milk and dairy products, offering undergraduate courses and preparing public service announcements are the main important strategies that can be implemented.

Acknowledgements

We would like to thank the students of Azerbaijan State Agricultural University who participated in the questionnaire survey to provide the data for this research.

REFERENCES

- Ayar, A., M. Nizamoğlu. 2002. Süt ve süt ürünlerinin tüketimi üzerine bazı sosyal faktörler ve tüketici özelliklerinin etkisi. *Gıda Yem Bilimi Teknoloji Dergisi* 1(1):25-31.
- Bai, L., T. Wang, J. Tu, B. Peng, Z. Wang. 2025. A study on the correlation between MBTI dimensions and driving behavior characteristics. *Scientific Reports* 15, 12021. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91361-w>
- Can, E. 2020. Yerel markalı süt ve süt ürünlerine yönelik tüketici eğilimleri ve gıda güvenliği algısının analizi; Tekirdağ ili örneği. Master's thesis. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Çetinkaya, A. 2010. Kafkas Üniversitesi Öğrencilerinin İçme Sütü ve Süt Ürünlerini Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* 5(2): 73-84.
- Cevger, Y., Y. Aral, P. Demir, S. Sarıözkan. 2008. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi intern öğrencilerinde hayvansal ürünlerin tüketim durumu ve tüketici tercihleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 55(3): 189-194.
- Collins, M. 1986. *Sampling. Consumer Market Research Handbook*, London: McGraw-Hill.
- Exchange-Rates. 2024. AZN/USD Yıllara Göre Geçmiş Kurlar. <https://www.exchange-rates.org/tr/gecmis-doviz-kurlari/azn-usd-2024-03-26>
- Güldal, H. T., H. C. Akal, N. Türkmen, G. Eminoğlu, C. Koçak. 2020. Determination of Milk Consumption Habits of Students of Agricultural Faculty: Compare of Department of Dairy Technology with Department of Agriculture Economy. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 8(1): 125-129. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i1.125-129.2850>
- Güler, H., P. Şeker, A. Köseman, İ. Şeker. 2021. Milk and Dairy Product Consumption Habits of University Students in Türkiye . *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 18(3): 173-181. <https://doi.org/10.32707/ercivet.1015790>
- Huseyn, R. 2022. Livestock Sector Analysis in Azerbaijan. Support to Development of a Rural Business Information System. ENI/2019/412-386. DOI: 10.13140/RG.2.2.27735.85928. https://www.researchgate.net/publication/371227530_Livestock_Sector_Analysis_in_Azerbaijan?channel=doiandlinkId=6479ccd0b3dfd73b775da70candshowFulltext=true. Access: 24.07.2024
- Kahraman, E., H. R. Uysal. 2020. İçme Sütü Tüketiminde Marka Seçiciliğinde Etkili Faktörlerin Analizi: İzmir İli Örneği. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 35(1): 43-56.
- Karakayacı, Z., Z.N. Öz, S. Baz, S. Koçyiğit. 2018. Determination of Consumption Habits of Milk and Dairy Products of Selcuk University Undergraduate Students. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 32(3): 289-296.
- Kart, M. Ç. Ö., V. Demircan. 2014. Dünyada ve Türkiye’de süt ve süt ürünleri üretimi, tüketimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Akademik Gıda* 12(1): 78-96.
- Kızıloğlu, R., H. Kızılaslan. 2015. TR 83 Bölgesinde Süt ve Süt Ürünleri Tüketiminde Tüketici Davranışlarını Etkileyen Faktörler ve Talebinin Belirlenmesi. *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TEPGE*. Yayın No: 274. ISBN: 978-605-9175-52-4.
- Kumbasaroğlu, H., T. Erem Kaya. 2020. Students’ Milk Consumption Patterns at Erzincan Binali Yıldırım University. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3): 2114-2125. <https://doi.org/10.21597/jist.700511>.

- Mert, İ., N. Artık, G. Dellal, U. T. Şireli. 2020. Süt Kalitesi ve Süt - Sağlık İlişkisi. Ulusal Süt Konseyi. https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/sut_kalitesi_A5_bask_.pdf Access: 29.08.2024.
- Ngo, H.Q., T.Q. Nguyen, N.T. Long, T. V. Tran, T.M. Hoang. 2019. Factors Affecting Brand and Student Decision Buying Fresh Milk: A Case Study in Ho Chi Minh City, Vietnam. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business* 6(3): 247-258. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2019>.
- Önay Derin, D., N. Emdirme. 2012. Selçuk Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Fermente Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları. *Akademik Gıda* 10(4): 37-44.
- Özbey, F. 2020. Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi* 2(1): 1-6.
- Özyürek, S., F. Yangılar, and K. Çebi. 2019. Erzincan Üniversitesi Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının İncelenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture* 2(3): 119-125.
- Para, G., İ. Ülger, M. Kaliber. 2020. Üniversite Öğrencilerinin Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları ve Beslenme Bilinçlerinin Değerlendirilmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi* 3(1): 9-15.
- Şahinöz, S., M. Özdemir. 2017. Üniversite Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları ve Etkileyen Faktörler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 6(4): 106-112.
- Sancak, H., D. Başat Dereli. 2019. Tatvan Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin Süt ve Süt Tüketimi Hakkındaki Düşünce ve Davranışları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 8(1): 7-15.
- Selçuk, Ş., Z. Tarakçı, K. Şahin, H. Coşkun. 2003. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisans Öğrencilerinin Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 13(1): 23-31.
- Şimşek, B., İ. Açıkgöz. 2011. Üniversite Öğrencilerinin Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 1(3): 57-62.
- Taherdoost, H. 2021. Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)* 10 (1): 10-38.
- Tarakçı, Z., Ş. Selçuk, K. Şahin, H. Coşkun. 2003. Üniversite Öğrencilerinin İçme Sütü Tüketim Alışkanlıkları Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 13(1): 15-21.
- Tekinşen, O. C., K. K. Tekinşen. 2005. Süt ve Süt Ürünleri: Temel Bilgiler, Teknoloji, Kalite Kontrolü. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya.
- Terzioğlu, M. E., İ. Bakırcı. 2019. Lisans Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının ve Davranışlarının Belirlenmesi. *Gıda* 44(1): 163-172. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18080>
- Ürkek, B., A. Taş. 2021. Üniversite Öğrencilerinin Fermente Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının İstatistiksel Analizi. *Aydın Gastronomy* 5(2): 91-103.
- Yabancı Ayhan, N., G. İplikçi, İ. Şimşek. 2018. Üniversite öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketimi üzerine bir araştırma. *The Journal of Academic Social Science* 6(67): 370-380.
- Yahia, N., D. Wang, M. Rapley, R. Dey. 2016. Assessment of Weight Status, Dietary Habits and Beliefs, Physical Activity, and Nutritional Knowledge among University Students. *Perspectives in Public Health* 136(4): 231-244 doi:10.1177/1757913915609945.
- Yerlikaya, O., C. Karagözlü. 2008. İnsan beslenmesinde inek sütü. *Türkiye 10. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı*. 21-23 Mayıs 2008. Erzurum pp. 805-808.

İncir Araştırmalarındaki Eğilimler ve Yönelimler: Bibliyometrik Bir Değerlendirme

Güven YILDIRIM¹

Ferit ÇOBANOĞLU^{2*}

^{1,2}Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Aydın/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0009-0008-0523-9471>

²<https://orcid.org/0000-0002-7706-2993>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ferit.cobanoglu@adu.edu.tr

Received (Geliş tarihi):28.04.2025

Accepted (Kabul tarihi):19.06.2025

ÖZ: İncir Türkiye ve dünya geneli tarımsal üretim ve ticaretinde önemli bir paya sahip olup, yapılan akademik çalışmaların bibliyometrik analizinin yapılması, mevcut durumun ortaya konması ve geleceğe dönük çıkarımlar için önem taşımaktadır. Bu araştırmada, 28 Nisan 2025 tarihinde Web of Science (WoS) - Core Collection veri tabanında, “fig*” AND “Ficus carica*” (incir) anahtar kelimelerini içeren bir tarama gerçekleştirilmiştir. Yapılan arama sonucunda 1599 kayıt elde edilmiştir. Veri setinin incelenmesinde betimsel analiz ve bibliyometrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz sürecinde VOSviewer 1.6.20 yazılımından, betimsel içerik analizi aşamasında ise WoS veri tabanındaki Analyze Results sekmesinden yararlanılmıştır. Çalışmada ortak yazar analizi, ortak kelime analizi ve atıf analizi yöntemleri uygulanmıştır. Araştırma bulguları, incir konusunda yapılan çalışmaların daha çok Akdeniz bölgesinde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. İncir üretimi ve ticaretinin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz havzasında, bilimsel çalışmaların da geliştiği belirlenmiştir. Bu durum aslında beklenen bir olgu olarak açıklanabilir. İncir üretimi ve ticareti, dünya genelinde Akdeniz bölgesinde yoğunluk kazanırken, bu sürecin beraberinde getirdiği tarımsal üretim, ticaret ve pazarlama sorunları, bilimsel çalışmaların da yapılmasını sağlamıştır. Türkiye başta olmak üzere, İsrail, İtalya, Fransa, İspanya, Portekiz, Fas gibi ülkelerde çalışmaların oldukça fazla ve nitelikli olduğu ifade edilebilir. Amerika Birleşik Devletleri’nde de incir üretimi ve ticaretinin belirli düzeyde gelişmiş olması, bilimsel çalışmaları da geliştirdiği ifade edilebilir. Çalışmaların daha çok incir hastalık ve zararlıları, yetiştirme ve ıslah, incir döllemesinde eşsiz bir öneme sahip olan incir arıcığının yaşam döngüsü, hasat, hasat sonrası kurutma ve depolama süreçleri, incir meyvelerinin antioksidan içeriği ve diğer gıda bilimi konularında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Sonuç olarak Türkiye’nin sahip olduğu incir üretim, ticaret ve bilim arenasındaki başarısını sürdürmesi ve daha da geliştirmesi için tüm paydaşlar arasındaki var olan işbirliği olanakları daha da geliştirilmelidir. Fon kaynakları geniş, hedefli ve güdümlü proje olanaklarının iyileştirilmesi faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: İncir, Ficus carica, bibliyometrik analiz, Akdeniz Havzası.

Trends and Patterns in Fig Research: A Bibliometric Perspective

ABSTRACT: Figs hold a significant position in both Türkiye’s and the global agricultural production and trade. Conducting a bibliometric analysis of academic studies on this subject is crucial for revealing the current state of research and providing insights for future directions. In this study, a search was conducted in the Web of Science (WoS) - Core Collection database on April 28, 2025, using the keywords “fig*” AND “Ficus carica*”. As a result of the search, 1,599 records were retrieved. Descriptive analysis and bibliometric analysis methods were employed to examine the dataset. For the bibliometric analysis, the software VOSviewer version 1.6.20 was utilized, while the Analyze Results feature of the WoS database was used for the descriptive content analysis. In the study, co-authorship analysis, co-word analysis, and citation analysis techniques were applied. The research findings indicate that studies on figs are predominantly concentrated in the Mediterranean region. This reflects a parallel between the intensity of fig production and trade in the Mediterranean basin and the corresponding concentration of scientific research in the area. Such a pattern is, in fact, an expected phenomenon. As fig production and trade are largely centered in the Mediterranean globally, this has naturally led to increased scholarly interest in associated issues such as agricultural production, trade dynamics, and marketing challenges. It can be stated that countries such as Türkiye, Israel, Italy, France, Spain, Portugal, and Morocco have produced a substantial volume of high-quality research on this subject. It is anticipated that the development of fig production and trade, to a certain extent, in the United States has also contributed to the advancement of scientific research in this field. It has been determined that the majority of the studies have focused on fig diseases and pests, cultivation and breeding practices, the life cycle of the fig wasp—which plays a unique and essential role in fig pollination—as well as harvest, post-harvest drying and storage processes, the antioxidant content of fig fruits, and other topics related to food science. In conclusion, for Türkiye to maintain and further enhance its success in fig production, trade, and scientific research, it is essential to strengthen existing collaboration among all stakeholders. Additionally, improving access to broad, targeted, and mission-oriented funding opportunities would be highly beneficial.

Keywords: Fig, Ficus carica, bibliometric analysis, Mediterranean Basin.

GİRİŞ

İncir ağacı (*Ficus carica* L.), *Ficus* cinsine ait Akdeniz dağılımına sahip tek türdür. Tropikal yağmur ormanlarında incirler, ekosistemlerdeki temel rolleri nedeniyle kilit türler olarak kabul edilir; meyveleri yıl boyunca böcekler, kuşlar ve diğer hayvanlar için besin sağlar. Bu konuda en önemli uzmanlardan biri olan Condit (1964), *Ficus*'u bitki krallığının olağanüstü bir üyesi olarak tanımlamıştır. Çünkü bu cins, yaprak döken ve herdem yeşil ağaçlar, çalılar, tırmanıcılar, sarmaşıklar, epifit, yarı epifit ve litofit türler gibi aşırı çeşitlilikte bitki formlarını içerir. Bir diğer dikkat çekici özellik, bitki türü ile tozlayıcı yaban arıları arasındaki yakın simbiyotik ilişkidir; bu, bitki-böcek arasındaki üreme karşılıklı bağımlılığının en iyi bilinen örneklerinden birini sunar. *Ficus* türlerinin tozlayıcıları, Hymenoptera takımına ait Agaonidae familyasından simbiyotik yaban arılarıdır. Bu simbiyoz oldukça özelleşmiştir; türlerin çoğu, yalnızca tek bir spesifik agaonid yaban arısı tarafından tozlanır. Yalnızca birkaç durumda, bir incir türü iki yaban arısı türüne ev sahipliği yapar veya bir yaban arısı, yakından ilişkili birkaç *Ficus* türünü tozlar (Falistocco, 2020).

İncir (*Ficus carica* L.), insanlar tarafından kültüre alınan en eski meyve türlerinden biri olup, Güneybatı Asya ve Akdeniz kökenlidir. İncir, antik çağlardan bu yana sağlık ve refah ile ilişkilendirilmiştir. Lif, potasyum, kalsiyum ve demir açısından zengin olmasının yanı sıra; vitaminler, amino asitler ve antioksidanlar bakımından da önemli bir kaynaktır. Son yıllarda artan tüketim talebi, incir üretiminin Meksika, Brezilya, Hindistan ve Çin gibi yeni ülkelere kaymasına neden olmuştur. Ancak, incir yetiştiriciliği zorlu bir süreçtir. İncir, meyve gelişimi ve olgunlaşma dönemlerinde hem zararlı böcekler ve hastalıklara hem de abiyotik stres kaynaklı zararlanmalara karşı hassastır. Ayrıca, narin bir meyve olması nedeniyle karmaşık hasat sonrası işlemler gerektirmekte ve iklim değişikliği üretim üzerinde ilave tehditler oluşturmaktadır (Aksoy ve Flaishman, 2022).

Ficus carica, yani incir, Anadolu kökenli en eski tarımsal bitkilerden biridir. İnsan sağlığına faydalı olan bu değerli meyve ürünü, vitaminler, mineraller, koruyucu bileşikler ve insan diyetinde yüksek karbonhidrat içeriği barındırır. Bu nedenle, incir meyvesi, insan tüketimi için işlevsel bir gıda olarak değerlendirilebilir.

Türkiye incir üretimi ve ihracatı bakımından dünya genelinde lider konumdadır. Ülkede birçok aile, geçim kaynağı olarak incir tarımıyla meşgul olmakta ve gelirlerinin tamamını bu üründen sağlamaktadır (Çalışkan ve Dalkılıç, 2022).

İncir yalnızca taze ve kuru formda doğrudan tüketilmemekte; aynı zamanda reçel, tatlı, pestil gibi gıda ürünlerine işlenmekte ve çeşitli yemeklerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, incir kozmetik endüstrisinde de değerlendirilmekte olup, bu yönüyle de ekonomik katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, incir üretimi Türkiye'nin tarımsal ekonomisine önemli düzeyde katma değer sunmaktadır. Kuru incir olarak Sarılop, taze incir olarak Bursa Siyahı çeşitlerinin favori çeşitler olduğu ifade edilmelidir. Elbette bazı erkenci ve geç olgunlaşan çeşitlerin yanı sıra halk arasında ilek denilen erkek incir çeşitleri açısından da ülkemiz oldukça geniş bir biyolojik çeşitliliğe ve ekonomik potansiyele sahiptir (Işın ve ark., 2004; Çobanoğlu ve ark., 2005; Özen ve ark., 2007; Ayar, 2018; Çakan, 2020; Çobanoğlu ve ark., 2022; Ozkul ve ark., 2022; Ertan ve Arıkan, 2023; Çukur ve Çukur, 2024; Kargıcak, 2025).

Yüksek kalitede sofralık ve kurutmalık incir üretimi için, çeşit seçimi, ekolojik koşullar, arazi seçimi, dikim aralıkları, budama işlemleri, gübre uygulamaları, toprak yönetimi, sulama teknikleri, ilekleme süreçleri, hastalık ve zararlılarla mücadele çalışmaları hem sofralık hem de kurutmalık incir kalite standartlarının belirlenmesinde ortak parametreler olduğu belirtilmektedir. Hasat ve depolama süreçleri, kurutma, ayıklama ve depolama işlemleri ile kuru incirde aflatoxin oluşumu önemli kriterler olarak değerlendirilmektedir (Aksoy, 1991; Özen ve ark., 2007; Meyvaci ve ark., 2010; Tutmuş ve ark., 2012; Göçmez ve Seferoğlu 2014).

Dünya geneli ve özellikle Türkiye'de taze ve kuru incir üretimine yönelik olarak, fidan üretiminden bahçe tesisine, taze ve kuru olarak iç ve dış pazarlara yapılan ticaret, bunları işleyen, pazarlayan tarıma dayalı sanayi kuruluşları, laboratuvarlar, sertifikasyon kuruluşlarının faaliyetleri, çiftçiler, aracılar, depocular, işleyiciler, işleme tesislerinde istihdam edilen işçiler gibi birçok parametre incelendiğinde, sektörün önemli bir ekonomik büyüklüğe sahip olduğu ifade edilebilir. Bunun yanında Dumanoglu ve Özerden (2025) tarafından da belirtildiği gibi dikenli incir bitkisinin (*Opuntia ficus-indica* L.) kültürel miras bağlamında ele

alınarak, üretim hacminin artırılmasının önemi üzerinde durulmuştur. Koşinil (*Dactylopius coccus* Costa) böceğinden elde edilen doğal boyar maddenin değeri öne çıkarılmış ve bu iki tarımsal unsurun kullanıldığı bölgelerde sürdürülen kültürel mirasın, turizm perspektifinden taşıdığı önem vurgulanmıştır.

Diğer taraftan incirler, çeşitli yapısal özelliklere sahip biyoaktif fitokimyasalların zengin kaynaklarıdır. İncirde bulunan bazı fenolik bileşikler, bu meyvede karakteristik biyoaktif maddeler olup, doğada nadir bulunur ve güçlü antioksidan, antidiyabetik, antikanser, antienflamatuar, immünomodülatör ve nöroprotektif etkiler gösterir. Şekerler, organik asitler, kumarinler ve prenile fenolik bileşikler, çeşit seçimi için belirleyici kimyasal işaretleyiciler olabilir (Konak ve ark., 2015; Yang ve ark., 2023).

Bibliyometrik analiz, matematiksel ve istatistiksel yöntemler (örneğin algoritmalar, yazılım araçları vb.) kullanılarak gerçekleştirilen bir değerlendirme sürecidir. Bu süreçte; i) belirli bir araştırma disiplinine ait unsurların (yayınlar, yazarlar, dergiler, anahtar kelimeler, ülkeler, kurumlar vb.) "performans" ölçütleri temelinde ölçülmesi, sınıflandırılması ve sıralanması yoluyla analiz edilmesi ve ii) ele alınan konu bağlamında bilimsel iletişimi temsil eden entelektüel, kavramsal ve sosyal yapının, "haritalama" teknikleriyle görselleştirilmesi amaçlanmaktadır (Öztürk ve Gürler, 2022).

Geleneksel literatür incelemeleri, sınırlı sayıda çalışmayı ayrıntılı bir şekilde analiz etmeye odaklanırken, bibliyometrik araştırmalar, yüzlerce hatta binlerce yayını kapsayan geniş bir literatürü daha yüzeysel ancak bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirme imkânı sağlar. Bu özelliğiyle bibliyometrik analizler, geleneksel literatür taramaları ve içerik analizleri için yönlendirici bir zemin oluşturabilir. Nitekim bibliyometrik yöntemler sayesinde, bir araştırma alanının mevcut yapısı, önde gelen çalışmalar, teoriler, bu alanı şekillendiren yazarlar ve yayınevleri arasındaki ilişkiler ortaya konulabilir. Elde edilen bulgular, araştırma alanının entelektüel çerçevesini haritalandırarak daha derinlemesine incelenmesi gereken alt konuları belirleme olanağı sunar. Bu tür konular, geleneksel literatür incelemeleri ve içerik analizleriyle detaylı bir şekilde ele alınabilir. Bu bağlamda, bibliyometrik analizlerin geleneksel yöntemlerin yerine geçmekten

çok, onları destekleyici ve tamamlayıcı bir rol üstlendiği belirtilebilir (Zubik ve Cater, 2015).

Performans analizleri, bilimsel aktörlerin üretkenlik ve katkılarına dair çeşitli bulgular sunabilse de bu aktörler arasındaki ilişkiler, etkileşimler veya iş birliği düzeyleri hakkında bilgi sağlamamaktadır (Öztürk, 2021). Dolayısıyla, yalnızca performans analiziyle bir araştırma alanının yapısını ve temel dinamiklerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymak mümkün değildir. Bu bağlamda, bilimsel alan haritalama, yazarlar, çalışmalar, dergiler, kavramlar/anahtar kelimeler, kurumlar, ülkeler ve atıflar gibi bilimsel unsurlar arasındaki çok yönlü etkileşimleri inceleyerek, araştırma alanının bütüncül bir yapısını ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır (Van Eck ve Waltman, 2010). Diğer bir deyişle, bilimsel alan haritalama, bilimsel unsurlar arasındaki ilişki ve iş birliği ağlarını görselleştirmeye yönelik bir yöntem olarak tanımlanabilir (Block ve Fisch, 2020). Bu doğrultuda, alan haritalama sürecinde yürütülen analizler, esasen bir ağ çıkarımı (network extraction) süreci olarak nitelendirilebilir (Öztürk ve Gürler, 2022). Kısaca, bilimsel alan haritalama, belirli bir araştırma alanında yer alan yazarlar, kavramlar (anahtar kelimeler) ve atıflar (çalışmalar, dergiler veya yazarlar kapsamında) arasındaki ilişki ve etkileşimlerin mekânsal (spatial) bir düzlemde temsil edilmesini ifade eder (Block and Fisch, 2020).

Bilimsel alan haritalama süreci, temel olarak "analiz" ve "görselleştirme" olmak üzere iki ana aşamanın bütüncül bir şekilde uygulanmasıyla gerçekleştirilir (Boyack ve Klavans, 2014). Analiz aşamasında, yazarlar, anahtar kelimeler, yayınlar ve dergiler gibi çeşitli bibliyometrik unsurlar arasındaki benzerlik matrisleri ve ilişkiyel bağlantılar hesaplanır. Görselleştirme aşamasında ise bu unsurlar arasındaki ilişki ve iş birliği ağları, grafiksel bir formatta sunularak anlamlı ve yorumlanabilir yapılar haline dönüştürülür (Öztürk, 2021).

İncirin kültüre alınması, üretimi ve ticareti, tarihsel olarak oldukça eskidir. Türkiye kuru ve taze incir üretim ve ticaretinde dünya genelinde ilk sırada bulunmaktadır. Sahip olduğu dişi ve erkek incir gen kaynağı zenginliğinin yanı sıra Sarılop incir çeşidi kurutmalık, Bursa Siyahı incir çeşidi ise sofralık-taze incir üretim ve ticaretinde ülkemizi lider aktör konumuna getiren incir çeşitleridir. Söz konusu üstünlüğün sürdürülebilmesi ve daha da iyileştirilmesi

için incir konusunda yapılan akademik çalışmaların tarihsel gelişiminin de incelenmesi, mevcut durumun ortaya konması ve gelecekte yapılacak çalışmaların ve eğilimlerin ortaya konması açısından oldukça önemli görülmektedir. Bu sebeple, incir konusunda yapılan akademik çalışmaların bibliyometrik analizinin yapılması, çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

Yapılan literatür taramalarına göre ulusal ve uluslararası düzeyde incir konusunda genel anlamda ve teknik, ekonomik, sosyal olarak yapılmış herhangi bir bibliyometrik çalışmaya rastlanmamıştır. Söz konusu çalışmanın, Türkiye ve Akdeniz genelinde önemli bir tarımsal ürün konumunda olan incir konusunda yapılmış olan araştırmaların ve odaklanmış oldukları konuların belirli ölçüde açıklanmasını sağladığı için önemli bir boşluğu kapatacağı öngörülmektedir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, VOSviewer yazılımı (Van Eck and Waltman, 2014) kullanılarak, “incir” ve “*Ficus carica*” terimlerini kapsayan akademik yayınların bibliyometrik analizi yürütülmüştür. Araştırma kapsamında ortak yazar analizi, ortak kelime analizi ve atıf analizi yapılmıştır. Bu amaçla, Web of Science (WoS) veri tabanı tercih edilmiş ve tarama işlemleri, “Documents” menüsünde bulunan Web of Science Core Collection veri tabanı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tüm sürümler (editions) ve tüm alanlar (all fields) seçenekleri seçilerek, geniş kapsamlı bir literatür taraması tamamlanmıştır.

Tırnak işareti (“ ”) kullanılmadan gerçekleştirilen aramalarda, yazılan terimlere benzer veya yakın içerikli kayıtlar da sonuçlara eklenebilmektedir. Bu nedenle, arama hassasiyetini artırmak için anahtar kelimeler çift tırnak içine alınarak belirtilmiştir. Bununla birlikte, terimlerin farklı eklerle kullanılabileceği durumlarda, kelimenin başına veya sonuna yıldız (*) karakteri eklenmiştir. Bu yöntemle, ilgili terimin çeşitli türevlerini içeren sonuçlara ulaşılması sağlanmıştır. Yıldız işareti, bulunduğu konumdan önce veya sonra gelebilecek tüm ekleri kapsayacak şekilde arama sonuçlarını genişletmektedir. Ayrıca, birden fazla arama teriminin aynı anda geçtiği kayıtları elde etmek amacıyla AND operatörü kullanılmıştır (Öztürk ve Gürler, 2022).

Bu çalışmada, 28 Nisan 2025 tarihinde Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanında, “fig*”

AND “*Ficus carica*” anahtar kelimelerini kapsayan bir tarama yapılmış ve toplam 1599 yayın kaydı elde edilmiştir. Bu veri seti, bibliyometrik analiz uygulamalarına uygun bir formatta dışa aktarılmıştır.

Veri aktarımı sırasında, sonuçların listelendiği ekrandaki Export menüsünden, VOSviewer yazılımıyla uyumlu olan Tab Delimited File formatı seçilmiştir. WoS platformu, her sayfada en fazla 500 kayıt görüntüleme olanağı sağladığından, Record Options bölümünde “All Records on Page” seçeneği işaretlenmiş ve sonuçlar 1–500, 501–1000, 1001–1500 ve 1501–1599 şeklinde dört ayrı grup olarak dışa aktarılmıştır. Aynı ekranda, Record Content kısmında “Full Record and Cited References” seçeneği belirtilmiş ve Export komutuyla dosyalar uygun klasörlere kaydedilmiştir.

Veri setinin sistematik bir şekilde derlenmesi sürecinde, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) akış şeması rehber olarak kullanılmıştır (Page ve ark., 2021; Köse, 2024). Analiz aşamasında, bibliyometrik değerlendirmeler için VOSviewer 1.6.20 yazılımı, betimsel içerik analizleri için ise WoS platformundaki Analyze Results modülü tercih edilmiştir. Metin dosyası (txt) formatında elde edilen veriler, daha sonra Excel ortamına aktarılmıştır.

Bu çalışmada, bibliyometrik analiz ve betimsel analiz olmak üzere iki temel analiz yaklaşımı kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz yöntemi, önceki bölümlerde detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Betimsel analiz ise, belirli bir temaya odaklanan akademik çalışmaların genel eğilimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen sistematik incelemeleri ifade eder (Çalık ve Sözbilir, 2014; Dinçer, 2018; Pollock ve Berge, 2018). Bu yöntemde, seçilen konuya ilişkin bilimsel yayınlar belirli kriterlere göre kategorize edilerek, alandaki yönelimlerin ortaya çıkarılması sağlanmakta ve ilgili paydaşlara rehber bir çerçeve sunulmaktadır (Suri ve Clarke, 2009).

Bu çalışmada, bibliyometrik analizlerin yürütülmesi için VOSviewer 1.6.20 yazılımı tercih edilmiştir. VOSviewer, ağ tabanlı veri yapılarını temel alarak haritalar oluşturmak ve bu yapıları görselleştirmek için tasarlanmış bir ağ analizi aracıdır (Van Eck and Waltman, 2014). Bu kapsamda, araştırma, ortak yazar analizi, ortak kelime analizi, atıf analizi, kaynakça eşleşmesi ve ortak atıf analizi gibi bibliyometrik

göstergelere odaklanmıştır. VOSviewer yazılımı, analiz sonuçlarının yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla üç ana görselleştirme seçeneği sunar: (i) Ağ Görselleştirme (Network Visualization): Elemanlar (yazar, kelime, dergi vb.) arasındaki ilişkilerin bağlantı hatlarıyla gösterildiği harita türüdür. (ii) Katman Görselleştirme (Overlay Visualization): Zaman, yayın yılı veya atıf sayısı gibi nicel özelliklerin analiz unsurları üzerinde renk geçişleriyle gösterildiği harita türüdür. (iii) Yoğunluk Görselleştirme (Density Visualization): Belirli kavramların, yazarların ya da çalışmaların yoğunlaştığı alanları gösteren ve sık kullanılan unsurların daha parlak renklerle vurgulandığı bir harita türüdür. Ancak katman görselleştirme seçeneği, VOSviewer tarafından ortak atıf analizlerinde desteklenmemektedir (Öztürk ve Gürler, 2022).

Bu araştırmada, VOSviewer yazılımının görselleştirme (visualization) özelliği yoğun bir şekilde kullanılmıştır.

Bu süreçte, “Ölçek (Scale)” ve “Ağırlıklar (Weights)” gibi yapılandırma ayarları önemli rol oynamaktadır. “Ölçek” ayarı, sağa veya sola kaydırılarak düzenlenebilir ve böylece ana ekranın boyutları ayarlanabilir. Haritadaki unsurların büyüklüğünün hangi kritere göre belirleneceği ise “Ağırlıklar (Weights)” seçeneği ile tanımlanır. Ağırlıklar başlığı altında yer alan parametreler, uygulanan analiz türüne ve görselleştirme yöntemine göre çeşitlilik gösterebilir. Örneğin, Ortak-Atıf analizinden elde edilen ağ görselinde, çalışmaların etiket boyutları, ilgili çalışmaların aldığı atıf sayısına veya toplam bağlantı gücüne bağlı olarak belirlenebilirken; Ortak-Kelime analizinden üretilen ağ görselinde, kelimelerin etiket boyutları, toplam bağlantı gücüne ya da kelimelerin kullanım sıklığına göre ayarlanabilir. Bu nedenle, analizlerden elde edilen haritalardaki unsurların boyutları, gerçekleştirilen analizin içeriğine bağlı olarak farklılık gösterir. Bu farklılıklar aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 1) (Öztürk ve Gürler, 2022).

Çizelge 1. Farklı analiz türlerine göre ağırlık seçenekleri.

Table 1. Weight options by different types of analysis.

	Analiz Türleri					
	Ortak-Yazar (Co-Authorship)		Ortak-Kelime (Co-Word/Co-Occurrence)	Atıf (Citation)	Kaynakça Eşleşmesi (Bibliographic Coupling)	Ortak-Atıf (Co-Citation)
Ağırlık (Weights) Seçenekleri*	Bağlantılar	Bağlantılar	Bağlantılar	Bağlantılar	Bağlantılar	Bağlantılar
	Toplam Bağlantı Gücü	Toplam Bağlantı Gücü	Toplam Bağlantı Gücü	Atıflar	Toplam Bağlantı Gücü	Toplam Bağlantı Gücü
	<i>Çalışmalar</i>	<i>Kullanılma</i>	<i>Kullanılma</i>	Atıflar	<i>Atıflar</i>	<i>Atıflar</i>
	Atıflar	Sıklığı	Sıklığı	Atıflar	Atıflar	Atıflar
	Normalleştirilmiş Atıflar				Normalleştirilmiş Atıflar	

*İtalik olarak yazılar parametreler ilgili analiz türünde varsayılan olarak gelmektedir.

Bibliyometrik analizlerde kullanılan çeşitli yazılımlar, incelenen alana ilişkin yayınlar (atıf yapan veya yapılan), dergiler, yazarlar, ülkeler, kurumlar ya da anahtar kelimeler gibi unsurları farklı algoritmalar yoluyla gruplandırmaktadır. Bu algoritmaların matematiksel temelleri (Öztürk ve Gürler, 2022), bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Bu doğrultuda, yalnızca VOSviewer’da uygulanan kümeleme yöntemi ve haritalarda oluşturulan kümelerin yorumlanma şekline ilişkin temel bir açıklama sunulmuştur.

Analizlerden üretilen haritalardaki kümeler; atıf bağlantılarına (doğrudan atıf, kaynakça eşleşmesi veya ortak-atıf), metinsel benzerliklere (ortak-kelime), sosyal ağlar ve iş birliklerine (ortak-yazar) veya bu

unsurların bir kombinasyonuna dayalı olarak oluşturulmaktadır (Subelj ve ark., 2016). Birbirine yüksek derecede benzerlik gösteren, yani ilişki düzeyi güçlü olan ögeler, haritalarda birbirine yakın konumlandırılır ve aynı renk altında gruplar halinde temsil edilir. Bu, kümeleme yaklaşımının temel prensibini oluşturur. Diğer bir ifadeyle, VOSviewer, ögeleri gruplandırmak için farklı renkler ve haritadaki dairelerin konumlarını kullanır. Yüksek benzerliğe sahip ögeler birbirine yakın yerleştirilirken, düşük benzerlik gösteren ögeler ise birbirinden daha uzak konumlara yerleştirilir (Van Eck and Waltman, 2014). Bu şekilde, bir küme, birbiriyle sıkı sıkıya bağlantılı dairelerin oluşturduğu bir topluluk olarak tanımlanabilir. Varsayılan olarak, ağ haritasındaki her

daire (öge) bir kümeye atanır ve bir kümenin büyüklüğü, o kümeye dahil edilen dairelerin (öğelerin) sayısına bağlıdır. Örneğin, daha büyük kümeler, daha fazla daireyi (ögeyi) içerir (Öztürk ve Gürler, 2022).

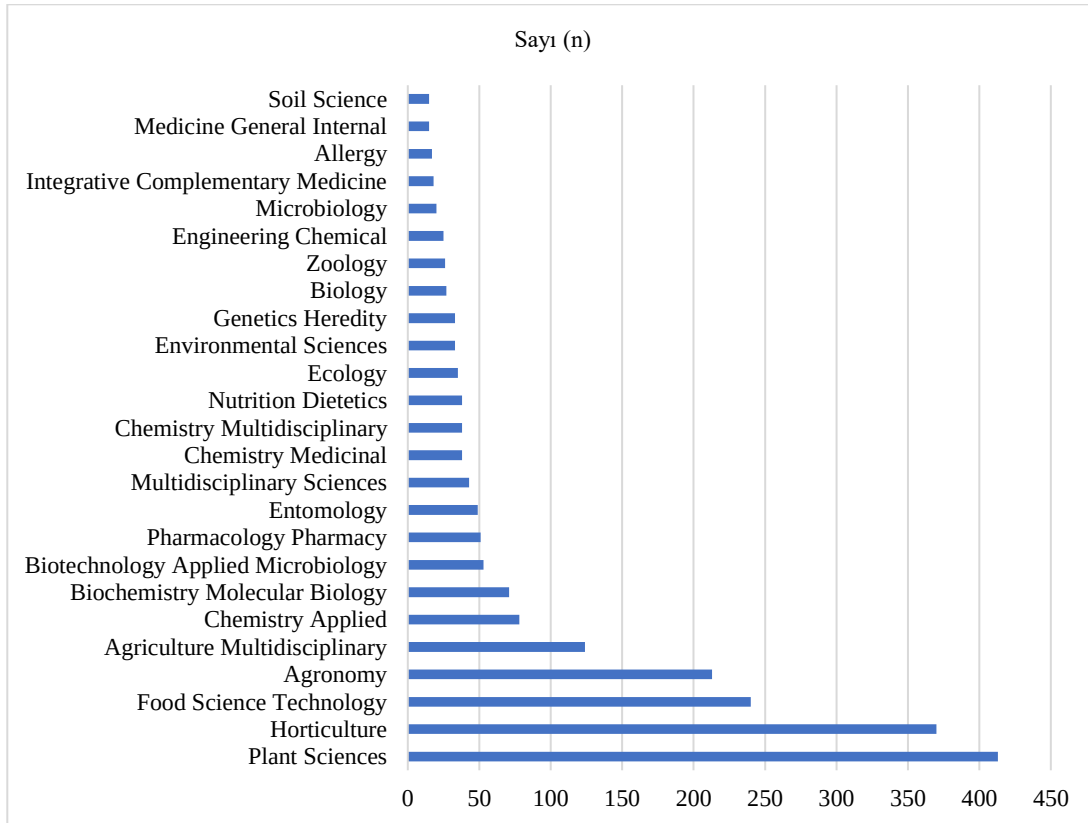
Haritada öğelerin kaç farklı küme altında gruplandırılacağı, VOSviewer’ın temel aldığı algoritmalar tarafından belirlenmektedir. Genellikle, programın varsayılan olarak önerdiği küme sayısı tercih edilmektedir. Bununla birlikte, araştırmacı, kendi değerlendirmelerine dayanarak programda çeşitli düzenlemeler gerçekleştirebilir. Bu nedenle, araştırmacının incelenen alana kapsamlı bir şekilde hakim olması kritik bir öneme sahiptir (Öztürk ve Gürler, 2022). Bu çalışmada, VOSviewer’ın varsayılan ayarları kullanılmıştır.

Araştırma, ikincil veri kaynaklarına dayandığından etik kurul onayı gerektirmemektedir.

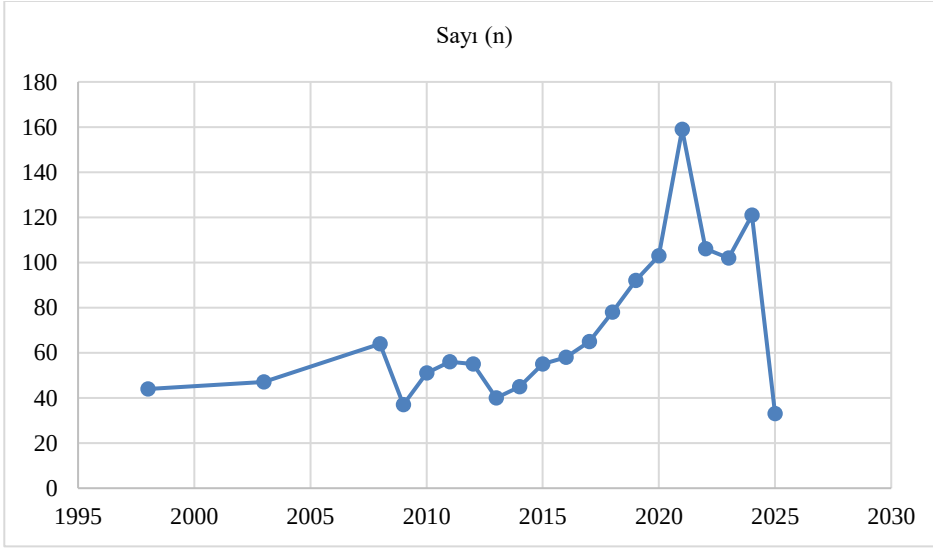
BULGULAR VE TARTIŞMA

Betimsel Analiz

Betimsel istatistik çıkarımlar çerçevesinde, WoS kategorisine göre, ilgili arama terimleri olan “incir” ve “*Ficus carica*” kelimelerini birlikte içeren 1599 çalışmanın bulunduğu başlıca dergiler aşağıda belirtilmiştir (Şekil 1). Plants and Science, Horticulture, Food Science Technology, Agronomy, Agriculture Multidisciplinary isimli dergilerin ilgili anahtar kelimeleri içeren en fazla yayınların yapıldığı dergilerdir. İlgili anahtar kelimeleri içeren çalışmaların 2015 yılından itibaren istikrarlı bir şekilde artarken, 2020-2023 arasında en yüksek düzeye çıktığı belirlenmiştir (Şekil 2). İncelenen 1599 çalışmanın çoğunluğunu (yaklaşık %90) araştırma makalesi oluştururken, bu grubu derleme makaleler, konferans bildirileri, kitap bölümü gibi eserler oluşturmaktadır. “Fig” ve “*Ficus carica*” kelimelerini içeren, atıf sayısı en yüksek olan çalışmaların dağılımı aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 2).



Şekil 1. İncir ve *Ficus carica* terimlerini içeren çalışmaların bulunduğu başlıca dergilerin dağılımı (%).
Figure 1. Distribution of major journals including fig and *Ficus carica* (%).



Şekil 2. Yıllara göre incir ve *Ficus carica* terimlerini içeren çalışmalar (n).
Figure 2. The studies including fig and *Ficus carica* by years (n).

Çizelge 2. Atıf sayısı en yüksek olan başlıca çalışmalar.
Table 2. Major studies with the highest number of citations.

Çalışmanın adı/Title	Yazarlar/Authors	Dergi/Journal	Atıfsayısı/Citations (n)
New Fusarium species and combinations within the <i>Gibberella fujikuroi</i> species complex	Nirenberg, H.I., O'Donnell, K.	Mycologia, 1998. 90 (3): 434-458	411
Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (<i>Ficus carica</i> L.)	Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A.	Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006. 54 (20): 7717-7723	406
How to be a fig wasp	Weiblen, G.D.	Annual Review of Entomology, 2002. 47: 299-330	371
Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs	Babalıs, S.J., Belessiotis, V.G.	Journal of Food Engineering, 2004. 65 (3): 449-458	326
Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994	Koenning, S.R., Overstreet, C., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., Fortnum, B.A.	Journal of Nematology, 1999. 31 (4): 587-618	276
Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (<i>Ficus carica</i> L.) in the northern Mediterranean region	Veberic, R., Colaric, M., Stampar, F.	Food Chemistry, 2008. 106 (1): 153-157	231
Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species	Brown, P.H., Hu, H.N.	Annals of Botany, 1996. 77 (5): 497-505	222
Early domesticated fig in the Jordan Valley	Kislev, M.E., Hartmann, A., Bar-Yosef, O.	Science, 2006. 312 (5778): 1372-1374	218
Regulation of fig (<i>Ficus carica</i> L.) fruit color: Metabolomic and transcriptomic analyses of the flavonoid biosynthetic pathway	Wang, Z.R., Cui, Y.Y., Vainstein, A., Chen, S.W., Ma, H.Q.	Frontiers in Plant Science, 2017. 8 (1990).	197
The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators - a study of <i>Ficus carica</i> L. and <i>Blastophaga psenes</i> L.	Kjellberg, F., Gouyon, P.H., Ibrahim, M., Raymond, M., Valdeyron, G.	Evolution, 1987. 41 (4): 693-704	185

İncir konusunda ekonomik ve sosyal boyutuna odaklanmış ve atıf sayısı en yüksek olan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 3). Bu kapsamda yapılmış olan çalışmaların, görel olarak önemli olduğu öngörülmekle birlikte, diğer bilim alanlarında yapılan çalışmalara göre, daha az atıf aldığı ifade edilebilir.

Çizelge 3. İncirin ekonomik ve sosyal boyutuna odaklanan başlıca çalışmalar.

Table 3. Key studies with focusing on the economic and social dimensions of the fig.

Çalışmanın adı/Title	Yazarlar/Authors	Dergi/Journal	Atıf sayısı/Citations (n)
Early domesticated fig in the Jordan Valley	Kislev, M.E., Hartmann, A., Bar-Yosef, O.	Science, 2006. 312 (5778): 1372-1374.	219
The fig: Overview of an ancient fruit	Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L., Crisosto, C.H.	Hortscience, 2007. 42 (5): 1083-1087.	95
Fruit Domestication in the Near East	Abbo, S., Gopher, A., Lev-Yadun, S., Edited by Janick, J.	Plant Breeding Reviews, 2016. 39, 325-377.	22
Some significant results of the research-work in Turkey on fig	Aksoy, U., Balci, B., Can, H.Z., Hepaksoy, S., Edited by Corrales, M.L., Garcia, M. J. B.	Proceedings of the 2nd International Symposium on Fig, 2003. Acta Horticulturae, 605, 173-181.	17
Future of fig production in Turkey	Uzundumlu, A.S., Oksuz, M. E., Kurtoglu, S.	Journal of Tekirdag Agriculture Faculty, 15(2): 138-146.	13
Ancient and modern occurrences of common fig (<i>Ficus carica</i> L.) in the British Isles	Dickson, J. H., Dickson, C.	Quaternary Science Reviews, 15(5-6): 623-633.	7
Organic fig production in Turkey	Altindisli, A., Ertem, A., Edited by Aksoy, U., Ferguson, L., Hepaksoy, S.	First International Symposium on Fig. Acta Horticulturae, 480: 227-232.	4
A general study of commercial dried fig production in the Big Meander Valley of Turkey	Bülbül, S., Atil, H., Hepaksoy, S., Edited by Aksoy, U., Ferguson, L., Hepaksoy, S.	First International Symposium on Fig. Acta Horticulturae, 480: 317-320.	2
An evaluation of dried fig production and marketing in turkey from dried fig exportation standpoint	Isin, F., Cukur, T., Armagan, G. Edited by Corrales, M.L., Garcia, M. J. B.	Proceedings of the 2nd International Symposium on Fig, Acta Horticulturae, 605: 183-189.	1
Farmers' perception on fig (<i>Ficus carica</i>) cultivation in southwest Bangladesh	Ara, R ., Khan, S. A. K. U., Islam, M. M. Edited by Siripanich, J., Warrington, I., Nissen, R. J.	III Asian Horticultural Congress (AHC2020), Acta Horticulturae, 1312: 523-529.	0

Bibliyometrik Analiz

Çalışmanın bu bölümünde bibliyometrik analiz sonuçları yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Ortak Yazar Analizi (Co-Authorship Analysis)

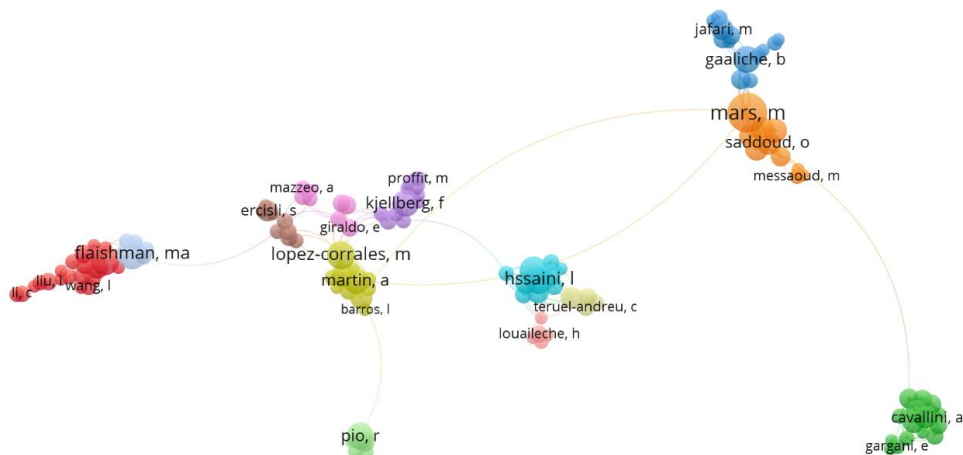
Ortak-Yazar analizinde, veri setindeki yayınların yazarları, yazarların bağlı olduğu kurumlar ve yazarların bulunduğu ülkeler arasındaki iş birliği ağları

belirlenmeye çalışılmaktadır (Glanzel ve Schubert, 2006; Han ve ark., 2014; Ponomariov ve Boardman, 2016; Wang ve ark., 2014; Yan ve Güns, 2014; Kahraman, 2024). Ortak yazarlık, araştırma alanlarının entelektüel yapılarından çok, sosyal ağları incelemek için güçlü sosyal bağları ortaya koymaktadır (Zubik ve Cater, 2015).

Ortak yazar analizinde analiz türü ortak yazarlık, analiz birimi yazarlar olarak seçilmiştir. Bir yazarın minimum çalışma sayısı 5, bir yazarın minimum atıf sayısı 1 olarak seçilmiştir. 4825 yazardan 185'inin bu değerleri karşıladığı ve bu 185 yazarın birbirleri ile farklı düzeyde de olsa ilişki içinde olduğu görülmektedir (Şekil 3). En çok çalışma yapan, diğer bir ifade ile başlıca üretken yazarların dağılımının yanı sıra diğer

Çizelge 4. Yazarlar bağlamında ortak yazarlık analizi.

Çalışmayı yapan yazar/Authors	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection	Çalışmayı yapan yazar/Authors	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı /Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection
Mars, M.	41	762	112	Martin, A.	18	348	62
Aksoy, U.	26	291	24	Chatti, K.	17	316	78
Flaishman, M.A.	24	946	49	Elbeaino, T.	16	275	12
Hssani, I.	23	233	98	Saddoud,O.	15	314	77
Ma, H.	22	612	64	Trifi, M.	15	314	77
Razouk, R.	21	233	92	Salhi-Hannachi, A.	15	235	72
Lopez-Corrales, M.	21	247	60	Serradilla, M.J.	15	203	44
Gaaliche, M.	20	338	45	Hanine, H.	14	185	70
Pio, R.	20	139	30	Hernandez, F.	14	285	48
Leonel, S.	20	81	22	Chen, S.	14	419	43
Kjellberg, F.	19	1049	33	Pereira, C.	14	393	43



Şekil 3. Ortak yazar analizi yazarlık bağlamında ağ haritası.

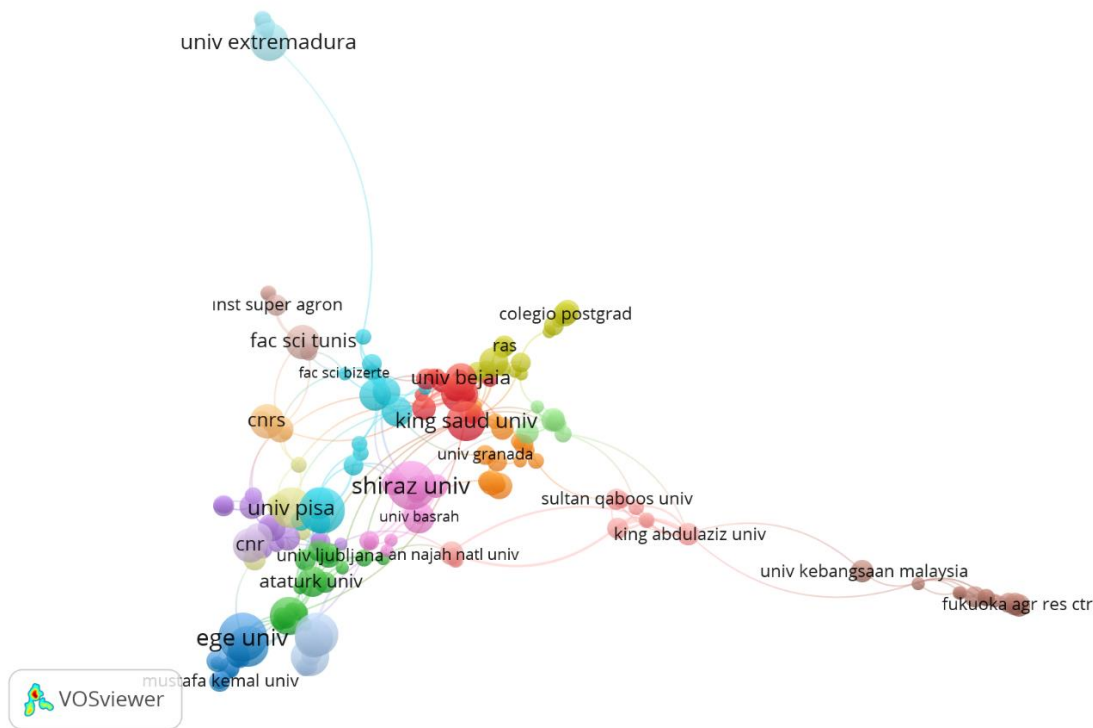
Ortak yazar analizinde analiz türü ortak yazarlık, analiz birimi kurumlar olarak seçilmiştir. Bir kuruma ait minimum çalışma sayısı 3, bir kurumun minimum alıntı sayısı 1 olarak seçilmiştir. 1642 kurumun, 273'ünün belirlenmiş olan eşik değerleri aştığı belirlenmiştir. Seçilen kurum sayısı 273 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5) (Şekil 4). Ağ görselleştirmesi 126 birim, 13 küme, 387 bağlantı ve 1671 toplam

bağlantı gücü ile gerçekleşmiştir. Çalışmanın bu aşamasında araştırma konularını içeren çalışmaları yapan kurumların başında Türkiye'den Ege Üniversitesi gelmektedir. Bunun yanında, Çin, İran, İsrail, Fransa, İspanya ve İtalya gibi ülkelerde bulunan kurumlarda da görece olarak fazla sayıda çalışma yapıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 5. Kurumlar bağlamında ortak yazarlık analizi.

Table 5. Co-authorship analysis in the context of organizations.

Çalışmayı yapan kurum/Affiliation	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı /Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection	Çalışmayı yapan kurum/Affiliation	Çalışma sayısı /Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection
Ege Univ.	37	364	14	Natl. Inst. Agr. Res. INRA	21	227	43
Shiraz Univ	36	433	22	Univ. of Fed Layras	20	127	7
Univ. of Calif. Davis	32	775	9	CNRS	18	677	17
Agr. Res. Org.	29	1083	29	CNR	18	317	12
Univ. of Pisa	26	216	12	Fac. Sci. Tunis	18	390	11
Adnan Menderes Univ.	25	146	12	Univ. Bari Aldo Moro	16	130	13
King Saud Univ	24	243	29	Univ.Estadual Paulista	16	92	13
Hebrew Univ. of Jerusalem	23	1190	25	Islamic Azad Univ.	16	427	12
Univ. of Extremadura	23	445	25	Univ. of Sousse	16	208	8
China Agr. Univ.	23	491	16	Univ. of Bejaia	15	203	8
Akdeniz Univ.	22	207	11	Ataturk Univ.	14	190	14



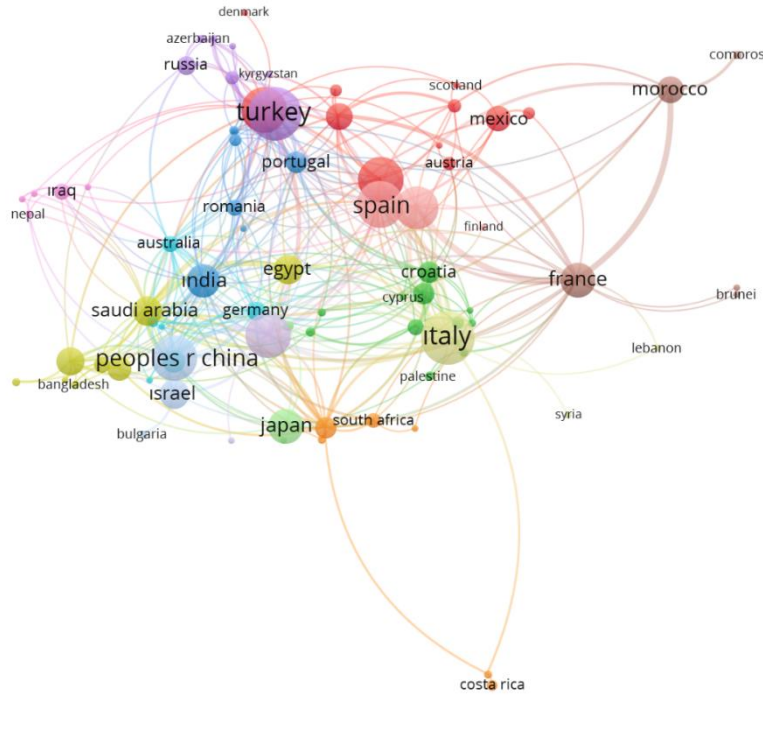
Şekil 4. Ortak yazar analizi kurumlar bağlamında ağ haritası.
Figure 4. Co-author analysis in the context of organizations network map.

Ortak yazar analizinde analiz türü olarak ortak yazarlık, analiz birimi olarak ülkeler seçilmiştir. Bir ülkeye ait minimum çalışma sayısı 1, bir ülkenin minimum atf sayısı 1 olarak seçilmiştir. 91 ülkenin 89'unun belirlenmiş olan eşik değerleri aştığı belirlenmiştir. Böylelikle seçilen ülke sayısı 89 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6) (Şekil 5). İtalya, Türkiye, İspanya,

Brezilya, ABD, Çin, İran, Tunus, Fransa, Japonya, Hindistan, Suudi Arabistan, İsrail gibi ülkeler ilk sıralarda gelmektedir. Hatta ülkemiz yazım farklılığından dolayı iki kez geçmiştir. İkinci durumda da dikkate alındığında, ülkemizin ortak yazarlık konusunda oldukça iyi bir konumda olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 6. Ülkeler bağlamında ortak yazarlık analizi.
Table 6. Co-authorship analysis in the context of countries.

Çalışmanın yapıldığı ülke /Country	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection	Çalışmanın yapıldığı ülke/Country	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection
İtalya	159	2038	68	Suudi Arabistan	50	676	79
Türkiye	159	2451	23	İsrail	50	2022	25
İspanya	123	2295	73	Mısır	48	590	34
Brezilya	112	772	19	Malezya	44	536	23
ABD	111	4263	64	Fas	40	457	31
Çin	111	2116	46	Cezayir	40	607	30
İran	111	1635	46	Meksika	38	407	11
Tunus	102	1666	58	Türkiye	31	55	10
Fransa	67	1800	68	Pakistan	29	384	30
Japonya	67	887	9	İngiltere	27	364	41
Hindistan	61	1330	38	Hırvatistan	27	240	27



Şekil 5. Ortak yazar analizi ülkeler bağlamında ağ haritası.
Figure 5. Co-author analysis in the context of countries network map.

Ortak Kelime Analizi (Co-Word/Co-Occurrence Analysis)

Ortak-Kelime analizi, bir araştırma disiplininde yer alan yayınların başlık, özet ve anahtar kelimelerinde kullanılan terimlerin sıklığını ve bu terimler arasındaki ilişki ağlarını ortaya çıkarmaktadır (Callon ve ark., 1991; Molinillo ve ark., 2016; Su ve Lee, 2010). Farklı makalelerde iki anahtar kelimenin aynı yayında yer alması, bu kelimeler arasındaki ilişkinin bir göstergesidir. Bu yöntem, bir araştırma alanındaki alt temaların tanımlanmasını da olanaklı hale getirir. Analizin temel varsayımı, kelimelerin yayınlarda birlikte yer alma sıklığının ve bu kelimelerin temsil ettiği anlamların birbirine yakın olduğudur (Hu and Zhang, 2015).

VOSviewer yazılımında ortak-kelime analizi için, bir anahtar kelimenin minimum birlikte geçme sıklığı beş olarak belirlenmiş ve görsellerin daha açık ve anlaşılır olması amacıyla bir eşik değeri uygulanmıştır. Daha sonra, program tarafından üretilen sonuçlar, anahtar kelimelerin kullanım sıklığına göre sıralanmıştır. Yazar anahtar kelimelerine dayalı olarak oluşturulan ortak-kelime analizi ağ haritası aşağıda sunulmuştur (Şekil 6) (Çizelge 7). İncirin latince ismi olan *Ficus carica* en yoğun olarak ortaya çıkan anahtar kelime olurken, antioxidant activity, figs, fruit quality, genetic diversity, quality, storage, common fig, polyphenols, volatile compounds, flavonoids, rt-pcr, phenologic compounds diğer önemli anahtar kelimeler olarak ortaya çıkmıştır.

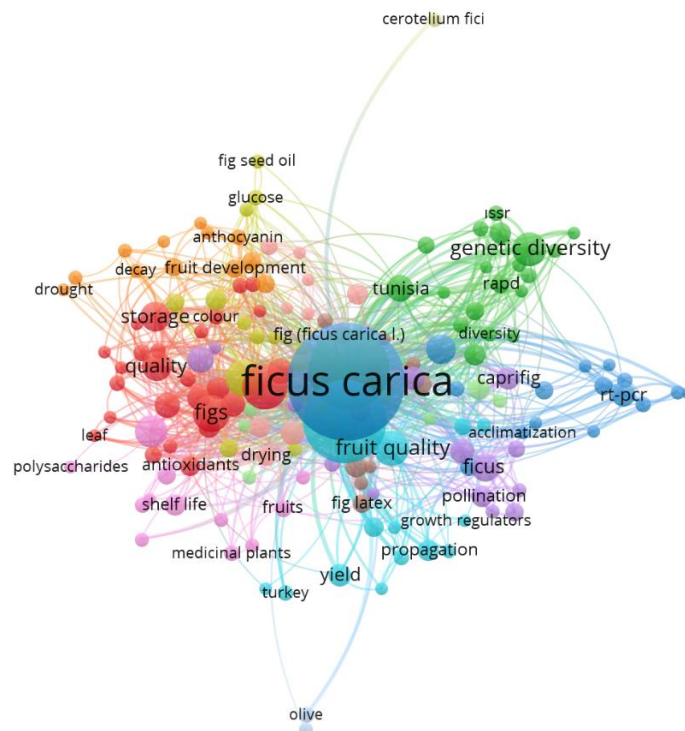
Çizelge 7. Yazar anahtar kelimeler bağlamında ortak kelime analizi.

Anahtar kelime/Key word	Oluşma sayısı /Number (n)	Toplam bağlantı gücü/ Total strength of connection	Anahtar kelime/Key word	Oluşma Sayısı /Number (n)	Toplam bağlantı gücü / Total strength of connection
<i>Ficus carica</i>	402	476	common fig	26	23
fig	200	297	<i>Ficus</i>	23	39
<i>Ficus carica</i> L.	188	241	Tunisia	22	67
antioxidant activity	41	81	fig fruit	22	31
figs	39	57	Polyphenols	20	57
fruit quality	38	71	volatile compounds	19	31
genetic diversity	35	70	Flavonoids	18	48
antioxidant	33	47	rt-pcr	18	42
quality	27	55	phenoloic compounds	17	40
storage	27	48	caprification	17	37

Atıf Analizi (Citation Analysis)

Atıf analizinin literatürde iki farklı anlam ve amaçla kullanıldığı ifade edilmektedir (Öztürk ve Gürler, 2022). Bunlar; indirilen veri setindeki yayınlar üzerinden gerçekleştirilmekte (Van Eck and Waltman, 2020) ve indirilen veri setindeki yayınların kaynakçalarına dayalı olarak yapılmaktadır (Zubik and Cater, 2015). Bu süreçte, analiz türü olarak atıf analizi seçildikten sonra, analiz birimi olarak yayınlar, dergiler, yazarlar, kurumlar ve ülkeler

belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, sayfa sınırlamaları göz önünde bulundurularak analiz birimi olarak yalnızca yayınlar ve dergiler ele alınmıştır. İlk aşamada, yayınlar özelinde atıf analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Bir çalışmaya ait minimum atıf sayısı eşik değeri 20 olarak belirlenmiştir. Böylelikle 1599 çalışmanın 411'inin eşik değeri karşıladığı tespit edilmiştir. Buna göre ilk sıralarda bulunan çalışmaların yazarları, atıf sayıları ve bağlantıları sırasıyla aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Çizelge 8).

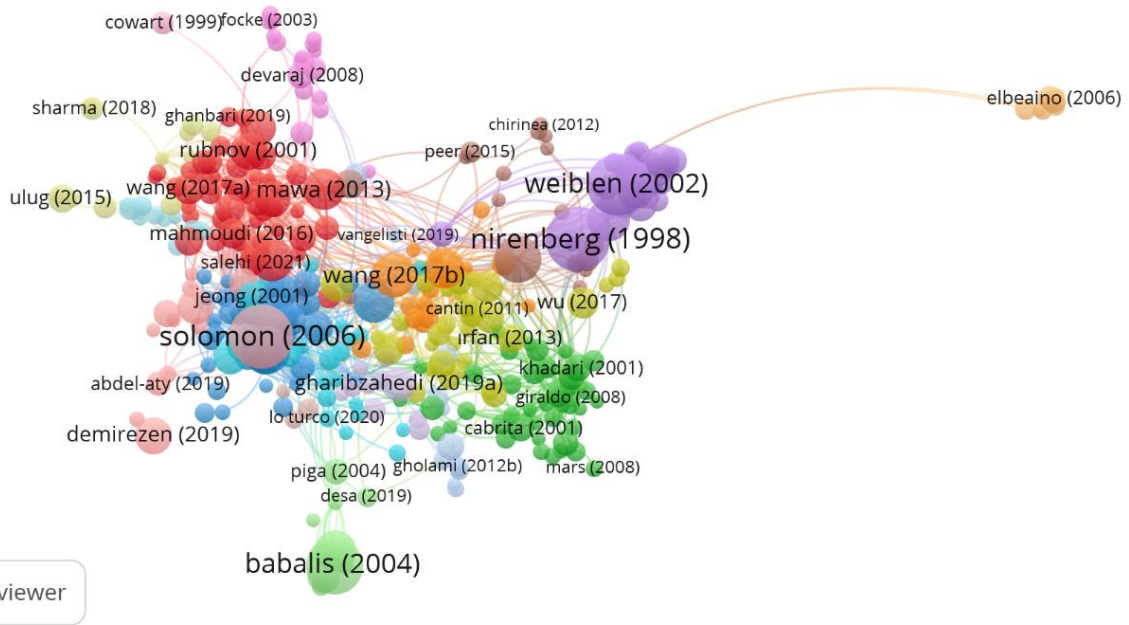
 VOSviewer

Şekil 6. Ortak kelime analizi yazar anahtar kelimeler bağlamında ağ haritası.
Figure 6. Co-occurrence word analysis in the context of author keywords.

Çizelge 8. Çalışmalar bağlamında atıf analizi.

Table 8. Citation analysis in the context of studies.

Çalışmayı yapan yazar /Author	Atıf sayısı /Citations (n)	Toplam bağlantı gücü /Total strength of connection	Çalışmayı yapan yazar /Author	Atıf sayısı /Citations (n)	Toplam bağlantı gücü /Total strength of connection
Nirenberg, 1988	411	1	Badgujar, 2014	180	42
Solomon, 2006	406	110	Chang, 2016	179	8
Weiblen, 2002	371	15	Mawa, 2013	175	14
Babalıs, 2004	326	10	Babalıs, 2006	174	6
Koenning, 1999	276	0	Slatnar, 2011	165	39
Veberic, 2008b	231	59	Flaishman, 2008	161	70
Brown, 1996	222	0	Caliskan, 2011	152	7
Kislev, 2006	218	35	Rubnov, 2001	140	32
Wang, 2017b	197	6	Anstett, 1997	136	15
Kjellberg, 1987	185	37	Demirezen, 2019	135	1



Şekil 7. Çalışmalar bağlamında atıf analizi ağ haritası.

Figure 7. Citation analysis network map in the context of studies.

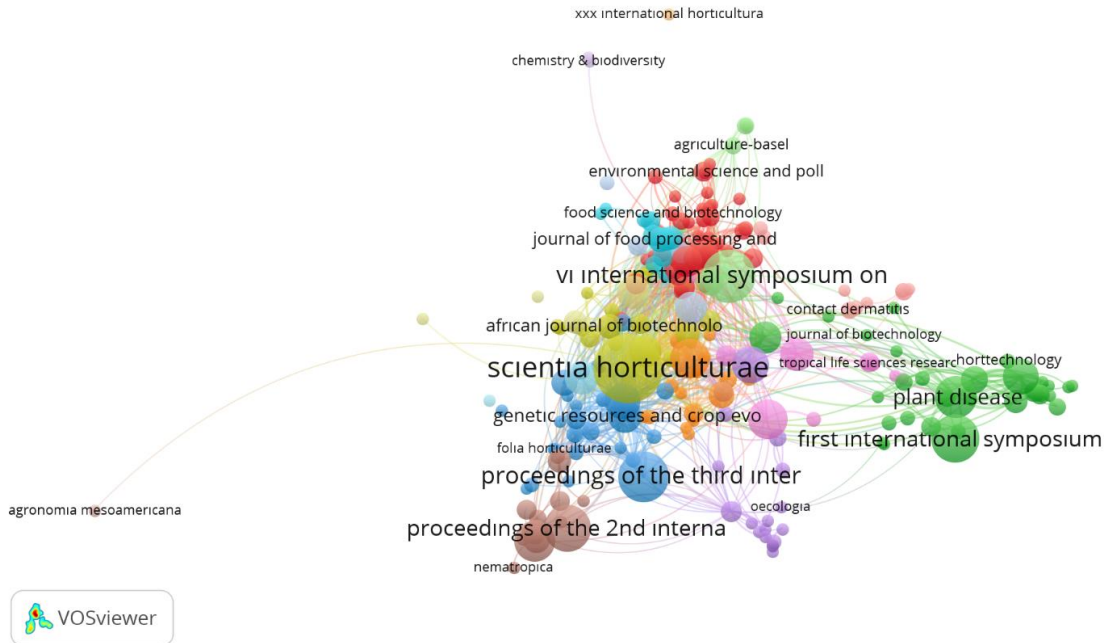
Bu kez analiz türü olarak atıf analizi seçildikten sonra analiz birimi olarak kaynaklar (dergiler) seçilmiştir (Şekil 8). Bir kaynağın (derginin) minimum çalışma sayısı 2 ve bir kaynağın (derginin) minimum atıf sayısı 1 olarak belirlenmiştir. 652 kaynağın 250'sinin eşik değeri karşılamıştır (Çizelge 9). En çok atıf alan dergilerin; Scientia Horticulturae, Journal of

Agricultural and Food Chemistry, Food Chemistry, Journal of Food Engineering, Frontiers in Plant Science, Postharvest Biology and Technology, Hortscience, Plant Disease, Journal of Functional Foods olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 9. Kaynaklar (dergiler) bağlamında atıf analizi.

Table 9. Citation analysis in the context of sources (journals).

Kaynak/Source	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/Total strength of connection	Kaynak/Source	Çalışma sayısı/Number of studies (n)	Atıf sayısı/Citations (n)	Toplam bağlantı gücü/ Total strength of connection
Scientia Horticulturae	60	1401	734	Scientific Reports	18	302	81
Journal of Agricultural and Food Chemistry	10	889	351	Journal of Nematology	2	279	0
Food Chemistry	12	855	333	First International Symposium on Fig	30	271	7
Journal of Food Engineering	6	749	37	Journal of Plant Pathology	26	260	97
Frontiers in Plant Science	20	436	131	Genetic Resources and Evolution	14	255	228
Postharvest Biology and Technology	14	408	146	Food Research International	6	253	10
Hortscience	16	374	269	Journal of the Science of Food and Agriculture	13	243	144
Plant Disease	22	330	124	Plant Foods for Human Nutrition	13	243	97
Journal of Functional Foods	3	317	64	Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine	4	229	17



Şekil 8. Kaynaklar (dergiler) bağlamında atıf analizi ağ haritası.

Figure 8. Citation analysis network map in the context of sources (journals).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, VOSviewer yazılımı kullanılarak, “incir” ve “*Ficus carica*” terimlerini kapsayan akademik yayınların bibliyometrik analizi yürütülmüştür. Araştırma kapsamında ortak yazar analizi, ortak kelime analizi ve atıf analizi yapılmıştır. Ortak kelime analizine göre ise incirin latince isimi olan *Ficus carica* en yoğun olarak ortaya çıkan anahtar kelime olurken, antioxidant activity, figs, fruit quality, genetic diversity, quality, storage, common fig, polyphenols, volatile compounds, flavonoids, rt-pcr, phenologic compounds diğer önemli anahtar kelimeler olarak ortaya çıkmıştır. En çok atıf alan dergilerin; Scientia Horticulturae, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Food Chemistry, Journal of Food Engineering, Frontiers in Plant Science, Postharvest Biology and Technology, Hortscience, Plant Disease, Journal of Functional Foods olduğu belirlenmiştir. WoS

veri tabanında, bu kapsamda ortaya çıkan çalışmaların herbiri detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre incirin daha çok teknik boyutu kapsamında yapılan çalışmaların fazla olduğu ve doğal olarak daha çok atıf aldığı belirlenmiştir. İncirin ekonomik ve sosyal boyutu üzerinde yoğunlaşan çalışmaların görece olarak daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple gelecekte yapılacak çalışmalarda, incirin ekonomik ve sosyal boyutunu içerecek anahtar kelimeler ile bibliyometrik analiz çalışmalarının genişletilebileceği değerlendirilmektedir. Bunun yanında WoS’ın dışında Scopus, Google Scholar gibi veri tabanlarında da incirin ekonomik ve sosyal boyutunda yapılmış çalışmaları inceleyen araştırmalar yapılabilir. Söz konusu araştırmanın, bu alanda yapılan ilk çalışma olduğu, izleyen süreçlerde yeni araştırma eğilim ve beklentilerini ortaya koyan çalışmalar ile geliştirilmesinin faydalı olacağı tavsiye edilmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Aksoy, U. 1991. Kuru incir üretiminde kaliteyi etkileyen faktörler. İncirde Verimlilik Paneli. Milli Prodüktivite Merkezi. Aydın.
- Aksoy, U. and M. Flaishman. 2022. Fig: from history and tradition to scientific research. p.1-10. In: M.A. Flaishman and U. Aksoy(Eds.). Advances in Fig Research and Tradition to Scientific Research. CABI.
- Ayar, A. 2018. Tescile esas Sarılop incir klonlarının verim ve meyve kalitesi yönünden incelenmesi. Doktora tezi. s. 106. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Block, J. and C. Fisch. 2020. Eight tips and questions for your bibliographic study in business and management research. Management Review Quarterly 70 (3): 307-312.
- Boyack, K. W. and R. Klavans. 2014. Creation of a highly detailed, dynamic, global model and map of science. Journal of the Association for Information Science and Technology 65 (4): 670-685.
- Çakan, V.A. 2020. Türkiye yaş incir üretimi ve kuru incir ihracatı için öngörü: ARIMA modeli yaklaşımı. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 17 (3): 357-368.
- Çalık, M. and M. Sözbilir. 2014. İçerik analizinin parametreleri. Eğitim ve Bilim, 39 (174): 33-38.
- Çalışkan, O. and Z. Dalkılıç. 2022. Ancient history and cultural heritage of *Ficus carica* in Turkey. p.1-24. In: Z. Dalkılıç (Ed.) *Ficus carica* Production, Cultivation and Uses, Nova Sciences Publishers. New York.
- Callon, M., J.P. Courtial and F. Laville. 1991. Co-word analysis as a tool for deciding the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. Scientometrics 22 (1): 155-205.
- Çobanoğlu, F., G. Armağan, H. Kocataş, B. Şahin, B. Ertan ve M. Özen. 2005. Aydın ilinde incir üretiminin önemi ve kuru incir üretim faaliyetinin ekonomik analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2 (2): 35-42.
- Çobanoğlu, F., H.İ. Yılmaz and S.B. Yılmaz. 2022. Production, trade and marketing of *Ficus carica* in the world. p.25-40. In : Z. Dalkılıç. (Ed.) *Ficus carica* Production, Cultivation and Uses, Nova Sciences Publishers. New York.
- Condit, I. J. 1964. Cytological studies in the genus *Ficus*. III. Chromosome numbers in sixty-two species. Madroño 17:153-155.
- Çukur, F. ve T. Çukur. 2024. Türkiye incir üretiminin trend analiziyle incelenmesi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi 13 (1): 43-51.
- Diñçer, S. 2018. Content analysis in scientific research: Meta-analysis, meta-synthesis, and descriptive content analysis. Bartın University Journal of Faculty of Education, 7 (1): 176-190.
- Dumanoğlu, Z. ve S.T. Özerden. 2025. Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* L.) ve koşinil’in (*Dactylopius coccus* Costa) somut olmayan kültürel miras kapsamında bölgesel turizme katkıları. Bahçe 54 (Özel Sayı 1): 485-490.
- Ertan, E. ve E.O. Arıkan. 2023. Farklı organik gübre ve toprak iyileştiricilerinin kuru incir meyvelerinde şeker fraksiyonlarının değişimi üzerine bir araştırma. Program Kodu: 1002, Proje No. 2220406, s. Ekim 2023, Ankara.
- Falisticco, E. 2020. The millenary history of the fig tree (*Ficus carica* L.). Advances in Agriculture, Horticulture and Entomology. 2020, 05. AAHE-130.

- Glanzel, W. and A. Schubert. 2006. Analyzing scientific networks through co-authorship. pp. 257-276. In H.F. Moed, W. Glänzel, U. Schmoch. (Eds.). Handbook of Quantitative Science and Technology Research Springer.
- Göçmez, A. ve H.G. Seferoğlu. 2014. Sofralık ve kurutmalık incir kalite kriterleri ve kaliteyi etkileyen faktörler. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 1: 98-108.
- Han, P., J. Shi, X. Li, D. Wang, S. Shen and X. Su. 2014. International collaboration in LIS: Global trends and networks at the country and institutional level. Scientometrics 98: 53-72.
- Hu, J. and Y. Zhang. 2015. Research patterns and trends of recommendation system in China using co-word analysis. Information Processing & Management 51 (4): 329-339.
- Işın, F., T. Çukur, G. Armağan ve F. Çobanoğlu. 2004. Dünya Ticaret Örgütü anlaşmaları çerçevesinde Avrupa Birliği ile Gümrük Birliği ve olası tam üyelik açısından Türkiye kuru ve taze incir dış satım olanakları üzerine bir araştırma. Aydın Güçbirliği Yayınları. No:1. Aydın.
- Kahraman, N. 2024. E-devlet başlığı ile yayınlanan makalelerin VosViewer ile bibliyometrik bir analizi. Bitlis Eren Sosyal Araştırmalar Dergisi 2 (1): 141-162.
- Kargıcak, M.A. 2025. Sarılop incir çeşidinde yüksek sıcaklık ve kuraklık stresi ile bazı uygulamaların fizyolojik ve morfolojik özellikler üzerine etkisi. Doktora tezi. s. 181. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Konak, R., İ. Köseoğlu and A. Yemenicioğlu. 2015. Effects of different drying methods on phenolic content, antioxidant capacity and general characteristics of selected dark colored Turkish fig cultivars. V International Symposium on Fig 1173. p.335-340. 31.08.2015.
- Köse, S. 2024. Akademik liyakat: VOSviewer ile bibliyometrik bir haritalama analizi ve içerik analizi. Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi 10 (22): 156-176.
- Meyvacı, K.B., F. Sen and U. Aksoy. 2010. Optimization of magnesium phosphide treatment used to control major dried fig storage pests. Horticulture Environment and Biotechnology 51 (1): 33-38.
- Molinillo, S., Y. Ekinci, G. Whyatt, N. Occhiocupo and M. Stone. 2016. Private label management, insights and research directions. pp. 1-27. In Gómez-Suarez, and Martínez-Ruiz (Eds.). Handbook of Research on Strategic Retailing of Private Label Products in a Recovering Economy IGI Global.
- Özen, M., F. Çobanoğlu, H. Kocataş, N. Tan, B. Ertan, B. Şahin, R. Konak, Ö. Doğan, E. Tutmuş, İ. Köseoğlu, N. Şahin ve R. Özkan. 2007. İncir yetiştiriciliği. s.145. T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TAGEM Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. İncirliova, Aydın.
- Ozkul, M., M. Ozkul, M. Ozen, A., Belge, and D. Mutlu. 2022. Phenological development stages and effective temperature. Total demand in Bursa Siyahı fig variety. ISPEC Journal of Agricultural Science 6 (2): 260-271.
- Öztürk, O. 2021. Bibliometric review of resource dependence theory literature: An overview. Management Review Quarterly 71: 525-552.
- Öztürk, O. ve G. Gürlü. 2022. Bir literatür incelemesi aracı olarak bibliyometrik analiz. 3. Basım, Yayın No: 613, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ekim 2022.
- Page, M.J., J.E. McKenzie, P.M. Bossuyt, I. Boutron, T.C. Hoffmann, C.D. Mulrow, , ... and D. Moher. 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. The BMJ 372 (71): 1-9.
- Pollock, A. and E. Berge. 2018. How to do a systematic review. International Journal of Stroke 13 (2): 138-156.
- Ponomarev, B. and C. Boardman. 2016. What is co-authorship? Scientometrics 109 (3): 1939-1963.
- Su, H.N. and P.C. Lee. 2010. Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: A first look at journal papers in technology foresight. Scientometrics 85 (1): 65-79.
- Subelj, L., N.J. Van Eck and L. Waltman. 2016. Clustering scientific publications based on citation relations: A systematic comparison of different methods. PLOS ONE 11 (4): e0154404.
- Suri, H. and D. Clarke. 2009. Advancements in research synthesis methods: From a methodologically inclusive perspective. Review of Educational Research 79 (1): 395-430.
- Tutmuş, E., Ö. Doğan, M. Özen, N. Tan, B. Şahin, B. Ertan. 2012. Bazı incir çeşitlerinin Rosellinia kök çürüklüğü etmeni *Rosellinia necatrix* Prill.'e duyarlılık düzeylerinin saptanması. Bitki Koruma Bülteni 52 (1): 111-117.
- Van Eck, N.J. and L. Waltman 2020. VOSviewer Manual Version 1.6.16.
- Van Eck, N.J. and L. Waltman, L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics 84: 523-538.
- Van Eck, N.J. and L. Waltman. 2014. Visualizing bibliometric networks. pp. 285-320. In: Y. Ding, R. Rousseau, D. Wolfram (Eds). Measuring Scholarly Impact Springer.
- Wang, X., R. Li, S. Ren, D. Zhu, M. Huang and P. Qiu. 2014. Collaboration network and pattern analysis: Case study of dye-sensitized solar cells. Scientometrics 98 (3): 1745-1762.
- Yan, E. and R. Guns. 2014. Predicting and recommending collaborations: An author-, institution- and country-level analysis. Journal of Informetrics 8 (2): 295-309.
- Yang, Q., Y. Liu, Y. Guo, Y. Jiang, L. Wen and B. Yang. 2023. New insights of fig (*Ficus carica* L.) as a potential function food. Trends in Food Science 140: 104146.
- Zubik, I. and T. Cater. 2015. Bibliometric methods in management and organization. Organizational Research Methods, 18(3): 429-472.

In Vitro Propagation of Medicinal and Ornamental Plant Oxalis triangularis A.st.-Hil.

Burcu ÇETİN¹ 

İbrahim İsmail İbrahim MARUSH² 

¹Department of Biology, Faculty of Art and Science, University of Kütahya Dumlupınar, Kütahya/TÜRKİYE

²Department of Biology, Institute of Graduate Education, University of Kütahya Dumlupınar, Kütahya/ TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0003-1465-1464>

²<https://orcid.org/0009-0004-7937-9574>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): burcu.cetin@dpu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 19.06.2025

Accepted (Kabul tarihi): 19.06.2025

ABSTRACT: An in vitro propagation protocol of *Oxalis triangularis* A.st.-Hil, a valuable medicinal and ornamental plant, has been developed. In experimental studies, α -Naphthalene acetic acid (NAA) (0-0.5-1- 2 mg/L) and 6-Benzylaminopurine (BAP) (0.5-1 mg/L) plant growth regulators were applied together or alone to *O. triangularis* leaf and petiole explants. The best shoot formation per explant and the best leaf formation were obtained as 5.67 ± 2.43 and 4.00 ± 1.86 from leaf explants cultured in Murashige and Skoog (MS) medium containing 2 mg/L NAA and 0.5 mg/L BAP plant growth regulators, respectively. The shoots obtained were transferred to MS medium containing 0.5 mg/L NAA for root development. The plants obtained as a result of micropropagation processes were successfully acclimatized.

Keywords: Plant tissue culture, micropropagation, auxin, cytokinin, *Oxalis triangularis*.

Tıbbi ve Süs Bitkisi Oxalis triangularis A.st.-Hil. 'in In Vitro Çoğaltımı

ÖZ: Tıbbi ve süs bitkisi olarak değerli bir bitki olan *Oxalis triangularis*'in in vitro çoğaltım protokolü belirlenmiştir. Deneyisel çalışmalarda *Oxalis triangularis* yaprak ve petiol eksplantlarına, α -Naftalin asetik asit (NAA) (0-0.5-1- 2 mg/L) ve 6-Benzilaminopurin (BAP) (0.5-1 mg/L) bitki büyüme düzenleyicileri birlikte veya tek başına uygulanmıştır. Eksplant başına en iyi sürgün oluşumu ve en iyi yaprak oluşumu, sırasıyla 2 mg/L NAA ve 0.5 mg/L BAP bitki büyüme düzenleyicilerini içeren Murashige ve Skoog (MS) besiyerinde kültüre alınan yaprak eksplantlarında 5.67 ± 2.43 ve 4.00 ± 1.86 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sürgünler kök gelişimi için 0.5 mg/L NAA içeren MS besin ortamına aktarılmıştır. Mikroçoğaltım işlemleri sonucunda elde edilen bitkiler başarıyla aklimatize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki doku kültürü, mikroçoğaltım, oksin, sitokinin, *Oxalis triangularis*.

INTRODUCTION

Plant tissue culture methods are used to obtain plant or plant metabolites. Unlike other known classical production methods, it involves culturing sterile root, stem, leaf, or apical and meristem tissues called explants in a sterile nutrient medium containing plant nutrients, under controlled light, humidity and temperature conditions. This technique has many advantages over traditional production. The applied culture conditions are not affected by geographical and seasonal differences and environmental conditions and are determined independently. Moreover, production is done in constant quality, quantity and speed and is not affected by agricultural policies. In addition, changing culture conditions allows the synthesis of new compounds that are not naturally produced in the parent

plant. As a result of studies conducted in areas such as plant development and organogenesis, metabolite production, and gene transfer studies under *in vitro* conditions, much basic biological information such as physiology, biochemistry, genetics and molecular biology can be obtained (Babaoğlu *et al.*, 2001; Gürel *et al.*, 2013; Kocaçalışkan, 2021).

The first commercial studies in plant tissue culture were related to the production of ornamental and food plants. Plants are produced using very small plant tissues or cells with the micropropagation method. This technique allows rapid production of genetically homogeneous and healthy individuals, and the applicability of the method varies depending on the plant species and the techniques used. This process is usually carried out with methods such as meristem

culture, organogenesis and somatic embryogenesis. Careful selection of factors such as plant growth regulator, nutrient medium and explant type increases the success of micropropagation processes (Preil, 2003).

Oxalis triangularis, commonly known as “false clover”, is an important member of the *Oxalis* genus. This species is a decorative plant with its aesthetic structure. Its dark red/purple leaves, which emerge from an underground bulb, and its unique morphological structure are the elements that make it stand out among other *Oxalis* species. In recent years, research on the positive health effects of natural compounds contained in this plant has increased. In a study conducted by Pazmiño-Durán *et al.* (2001), the content and profile of anthocyanins obtained from this plant were examined and a monomeric anthocyanin content of 195 mg/100 g per leaf was determined based on malvidin-3,5-diglucoside. Considering that anthocyanins and flavonoids in particular are known for their antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties, the pharmaceutical potential of *O. triangularis* becomes even more important. Its high anthocyanin content and edible character increase the potential of *O. triangularis* to be used as a natural food colorant. In addition, in a study conducted by Huh *et al.* (2010), it was found that fatty acid alkyl esters isolated from *O. triangularis* have skin whitening potential by inhibiting melanin production. This feature is also important for the cosmetic industry. However, *O. triangularis* populations show morphological variation and are affected by variables such as climate, soil structure and other environmental factors in different geographical regions. For example, in a study conducted by Luo *et al.* (2022), it was reported that three different anthocyanin compounds found in the plant differed depending on environmental conditions. In a study investigating the effects of the genetic structure of the plant and environmental factors on anthocyanin production, the molecular mechanisms of anthocyanin biosynthesis were examined with RNA-seq and qRT-PCR applications (Luo *et al.*, 2022).

O. triangularis reproduces abundantly with bulbs and, like other bulbous plants, regularly goes through a dormant period. Traditionally, propagation is done with bulbs, with a low propagation rate (Klaosheed and Rittirat, 2024). When we review the literature, we can find several research results reporting various explant types and plant growth regulator applications on

micropropagation of *O. triangularis*. (Klaosheed *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2024; Rittirat *et al.*, 2021). Plants have also been grown *in vitro* in studies on specific topics such as suspension culture (Teng and Ngai, 1999), synthetic seeds (Taha *et al.*, 2013), phenotypic mutation with ionizing radiation (Ren *et al.*, 2017), and gene transfer via *Agrobacterium* (Xiao *et al.*, 2023). The effects of petiole explants and high cytokinin applications have generally been reported in the literature. In our study, we investigated the effects of only BAP and high auxin-containing BAP and NAA combination applications using petiole and leaf explants of *O. triangularis*, which has medicinal and ornamental plant properties and has insufficient studies on its *in vitro* potential in the literature.

MATERIALS AND METHODS

Plant materials

The study material, *O. triangularis* A.St.-Hil., was purchased from a private company and grown for two years in the plant growth room. It was used as an explant source for leaf and petiole explants to be used in the study.

Culture conditions

MS, the nutrient medium described by Murashige and Skoog (Murashige and Skoog, 1962), was used as nutrient medium. MS nutrient medium (Duchefa, MS salt) was prepared in accordance with the company protocol. In addition, 30 g/L sugar was added to the nutrient medium as a carbon source and 7 g/L agar was added to make it semi-solid, the pH of the solution was adjusted to 5.7-5.8 using 0.1N NaOH and/or 0.1N HCl. The prepared nutrient medium was distributed in 212 ml glass jars with 30 ml per jar, the jar lids were closed and the nutrient medium was sterilized by autoclaving at 121 °C, 1.06 kg/cm² pressure for 15 min. Culture was carried out in a plant growth room where 24±2° C, 4000 lux, 16-hour day, 8-hour night photoperiod was applied.

Culture procedures

Plant leaf and petiole explants were sterilized by keeping them in 70% ethanol for 1 min and 0.5% NaOCl for 1 min. Then, they were rinsed with sterile distilled water 3 times for 3 min each. The sterilized explants were transferred to MS nutrient medium containing cytokinin (BAP) and auxin (NAA) at 5 different concentrations: 0.5 mg/L BAP, 0.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA, 0.5 mg/L BAP + 1 mg/L NAA, 0.5

mg/L BAP + 2 mg/L NAA, 1 mg/L BAP. Leaf explants were divided into three with the abaxial side facing down and placed in the nutrient medium with 3 explants in each jar and leaf petiole explants were placed in the nutrient medium with 5 explants of 0.5 cm length in each jar. Treatments were made in 3 replicates. Shoots obtained from leaf and petiole explants were cultured in MS medium containing 0.5 mg/L NAA for root development. Plant explants were observed every week.

Acclimatization study

The obtained shoots were transferred to MS nutrient medium containing 0.5 mg/L NAA for root development and then acclimatization processes were started. For this purpose, firstly, jar lids were loosened for 5-10 min two days before the plantlets were removed from the nutrient medium. Then, the nutrient medium was washed under running water and transferred to jars containing sterile peat. Jar lids were kept closed for two days. Starting from the second day, jar lids were loosened and adaptation of the plant to the humidity in the external environment was gradually provided.

Statistical Analyses

The data obtained as a result of the experiments were analyzed using the Minitab Statistical Analysis program and "p" values were calculated. Significant values were shown with "*" and standard deviations were shown with "±". F test and TUKEY-HSD multiple comparison test were used to determine the effects of applied plant growth regulators on leaf and petiole explants.

RESULTS AND DISCUSSION

In order to obtain explants to be used in culture processes, a non-dormant, young and disease-free mother plant should be selected (Kocaçalışkan, 2021). Considering the literature, instead of bulb parts that cause high contamination problems, leaf and petiole explants, which are frequently used in plant tissue culture applications and constitute the above-ground parts of the plant, were selected as explants (Zhou *et al.*, 2023; Pan *et al.*, 2024). In order to start the culture processes of *O. triangularis*, sterilization applications

at different concentrations and times were tested on the explants. However, it was observed that applying sterilant to the explants for a long time such as 3-5 minutes during the sterilization processes caused necrosis in the tissues. In the study conducted by Teng and Ngai (1999), it was reported that *O. triangularis* leaf and petiole explants died due to the applied surface sterilization. As a result of this experience and knowledge, it was decided to apply short-term sterilization processes in the study and to use a mother plant grown in the plant growth room, isolated from the external environment. As a result of the many sterilization processes, completely sterile and 80% healthy explants were obtained as a result of the application of 1 min 70% ethanol and 1 min 0.5% NaOCl to the leaf and petiole explants.

After sterilization, leaf and petiole explants were cultured in MS nutrient medium containing BAP and NAA plant growth regulators at six different concentrations and combinations, and regeneration in the explants was determined by observations made at weeks 2, 3, 4 and 5. Plant growth regulators caused morphological changes in the explants at the end of the 2nd week; 0.5 mg/L BAP plant growth regulator applied to leaf explants induced callus and adventitious shoot formation (Figure 1a); 0.5 mg/L BA + 0.5 mg/L NAA plant growth regulator applied to petiole explants induced callus formation at the tips of the explants (Figure 1b). Callus and root formation were induced at the edges of the leaf explants in medium containing 0.5 mg/L BAP + 2 mg/L NAA (Figure 1c). It was observed that 1 mg/L BAP plant growth regulator applied to leaf explants induced shoot and root formation (Figure 1d). These data are consistent with the results of studies in which shoot formation was observed in *O. triangularis* petiole explants at the end of the 2nd week and in *O. corniculata* nodal explants on the 10th day (Klaocheed *et al.*, 2024; Prasuna and Srinivas, 2015). The applied plant growth regulators caused creamy green callus formation at the tips of the petiole explants in the medium containing 0.5 mg/L BAP and green callus formation in the medium containing 0.5 mg/L BAP+2 mg/L NAA. As reported by Martin (2002), the color and texture of the obtained calli varied according to the auxin:cytokinin ratio.

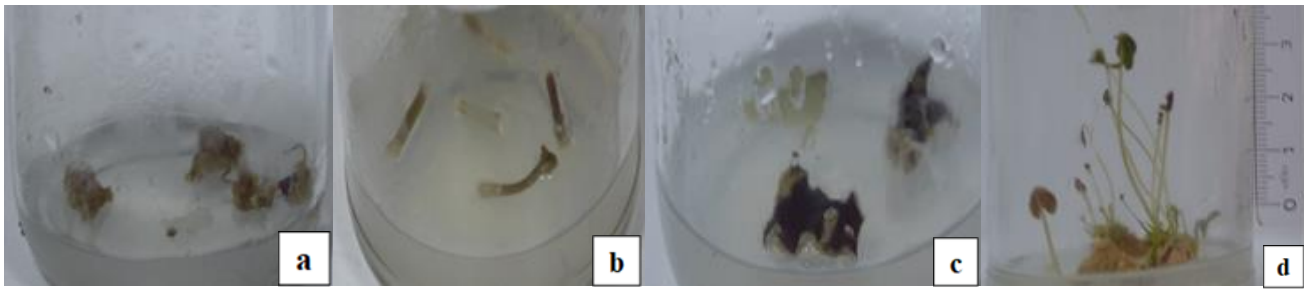


Figure 1. Leaf (L) (a) and petiole (P) (b) explants cultured in MS medium containing BAP and NAA plant growth regulators. a) 0.5 mg/L BAP, (L) b) 0.5 mg/L BA + 0.5 mg/L NAA, (P) c) 0.5 mg/L BAP + 2 mg/L NAA, (L) d) 1 mg/L BAP, (L)

As a result of the observations made in the 3rd, 4th and 5th weeks, shoot formation was observed in all treatments. The highest shoot formation in petiole explants was obtained as 70% in the nutrient medium containing 0.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA (Table 1). In the study conducted by Klaosheed *et al.*, (2024), 100% shoot formation was obtained in medium containing 0.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA using petiole explants. This result reported in the literature is close to the results of our study. The best shoot formation percentage in leaf explants was again obtained in the nutrient medium containing 0.5 mg/L

BAP + 0.5 mg/L NAA (78%) (Table 1). Prasuna *et al.* (2022) reported that *O. corniculata* leaf explants in MS medium containing 0.5 mg/L BAP + 0.5 mg/L NAA, gave 75% shoot formation, which is similar to the results of our study. As a result of the observations, the highest shoot formation (5.67 ± 2.43) and the highest leaf formation (4.00 ± 1.86) in leaf explants were obtained in the nutrient medium containing 0.5 mg/L BAP + 2 mg/L NAA. No difference was found as a result of the statistical analysis of the number of shoots and leaf number obtained per leaf explant in the different treatments (Table 2).

Table 1. Effects of BAP and NAA plant growth regulators on shoot formation in *O. triangularis* leaf and petiole explants (%).

Nutrient Medium	BAP (mg/L)	NAA (mg/L)	Number of shoots per explant (%)					
			Leaf Explant			Petiole Explant		
			3. Week	4. Week	5. Week	3. Week	4. Week	5. Week
MS	0.5	0	22	56	56	20	20	40
	0.5	0.5	33	67	78	70	70	70
	0.5	1	00	20	20	20	20	20
	0.5	2	56	67	67	00	20	40
	1	0	44	56	56	20	20	20

Table 2. Statistical comparison of the effects of plant growth regulators applied to *O. triangularis* leaf explants on shoot number.

Media	BAP (mg/L)	NAA (mg/L)	Number of shoot per explant $\pm$ SE	Number of leaf per explant $\pm$ SE
MS	0.5	0	$1.89^a \pm 0,61$	$0.56^a \pm 0,30$
	0.5	0.5	$2.89^a \pm 0,84$	$1.22^a \pm 0,37$
	0.5	1	$1.00^a \pm 0,76$	$1.00^a \pm 0,76$
	0.5	2	$5.67^a \pm 2,43$	$4.00^a \pm 1,86$
	1	0	$5.22^a \pm 3,00$	$2.67^a \pm 1,83$
P Value			0.301	0.278

Differences between mean values with the same letters in a column are not found to be significant at $P \leq 0.05$ level by TUKEY test.

SE: Standard Error

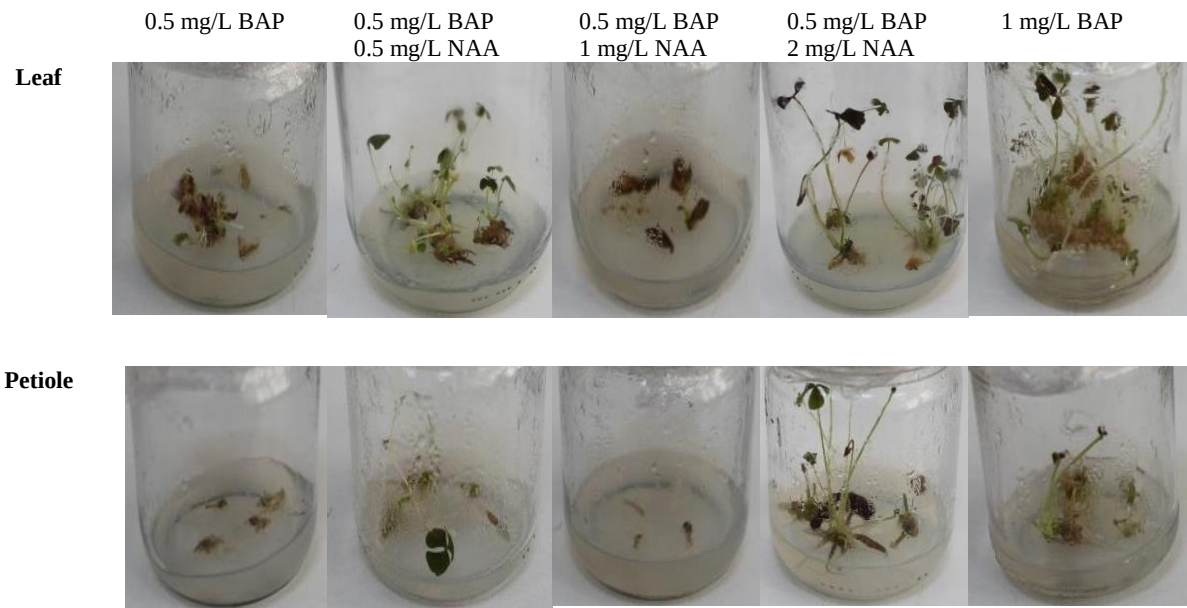


Figure 2. Effect of plant growth regulators applied to *O. triangularis* leaf and petiole explants.

In our experiments, first shoot and then flower formation were observed in leaf explants applied with 0.5 mg/L BAP + 2 mg/L NAA and 1 mg/L BAP. Flower formation is not commonly seen in plant tissue culture applications. These data are compatible with the literature reported by Taha *et al.*, (2009) that *O. triangularis*, *Celosia cristata* and *Begonia* × *hiemalis* can flower in MS medium supplemented with various plant growth regulators such as BAP and NAA. Determination of the necessary plant growth combinations and concentrations that ensure flowering

in vitro conditions facilitates basic studies on molecular, morphological and physiological changes in flower formation of *O. triangularis* and various basic research on solving problems such as premature fruit drop and poor seed formation.

Plants that completed their root development were 70% adapted to the external environment as a result of the acclimatization process. The plants grew with a normal growth cycle without showing any morphological changes (Figure 3).



Figure 3. Acclimatization of *O. triangularis*.

CONCLUSION

As a result of experimental data and statistical analyses, it was determined that *O. triangularis* leaf explants could be used for micropropagation in nutrient medium containing 0.5 mg/L BAP+2 mg/L NAA. Leaf explants, which were reported to be unusable in the literature due to high mortality rates, were successfully sterilized by immersing them in 70% ethanol and 0.5% NaOCl solutions for 1 min each. Moreover, it was shown that they could be used for shoot formation as an alternative to petiole explants. As a result of the research, shoot and root formation were obtained in both leaf and petiole explants in 0.5 mg/L BAP+2 mg/L NAA application with the plantlets cultured in medium containing 0.5 mg/L NAA for the development of roots and shoots before acclimatization. The plantlets

obtained through micropropagation were successfully transferred to the soil. The results of this study conducted with *O. triangularis* A.St-Hil, an interesting and valuable plant with its aesthetic appearance, metabolite content and nyctinastic behavior, provide basic information for many future studies such as basic biology, metabolite production and gene transfer, as well as for the use of the plant in commercial production.

ACKNOWLEDGEMENT

The article was produced from Master's Thesis research carried out by Ibrahim ISMAEL IBRAHIM MARUSH under the supervision of Assoc. Prof. Dr. Burcu ÇETİN.

REFERENCES

- Abdalla, N., K. Moustafa, M. Elsharkawy, , and A. A. Al-Huqail. 2022. An academic and technical overview on plantmicropropagation challenges. *Horticulturae* 8(8): 677-688.
- Agnihotri, S., V. Rai, M. Tiwari, and D. Singh. 2025. Elicitation of the Himalayan toothache relieving tree (*Zanthoxylum armatum* DC.): enhancing secondary metabolites in vitro shoot cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 9(1): 7-12.
- Athari, M., A. Alizadeh, and S. Rahimi. 2024. Study on physiological and morphological traits of purple shamrock (*Oxalis triangularis* A. St.-Hil.) as affected by humic acid under salinity stress. *Acta agriculturae Slovenica* 120(1): 1-11.
- Babaoğlu, M., M. Yorgancılar, and M. A. Akbudak. 2001. Doku Kültürü: Temel laboratuvar teknikleri. s. 1-35. *In*: Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S. (Eds.). Bitki biyoteknolojisi. Doku kültürü ve uygulamaları. Cilt I. Selçuk Üniversitesi Yayınları. Konya.
- Chen, S., L. Wang, J. Li, and Y. Zhang. 2024. Establishment of *in vitro* regeneration system for leaves and petioles of *Oxalis triangularis* 'Purpurea'. *Technology in Horticulture* 4(1): 11-19.
- Dupra, K. J. B., M. A. Aceret. 2024. Bioactivities of purple shamrock (*Oxalis triangularis*) crude extract and evaluation of shamrock topical antibacterial gel. *International Journal of Integrated Science and Technology* 1(2): 436-465.
- Gürel, A., S. Hayta, and E. Yılmaz. 2013. Bitki hücre, doku ve organ kültürü uygulamaları. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Huh, S., J. Kim, S. Lee, and H. Park. 2010. Melanogenesis inhibitory effect of fatty acid alkyl esters isolated from *Oxalis triangularis*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 33(7): 1242-1245.
- Joshi, N., R. Sharma, and A. Singh. 2024. Production of secondary metabolites from medicinal plants through tissue culture. *In* Secondary Metabolites and Biotherapeutics 7(1): 63-77.
- Kaviani, B. 2015. Some useful information about micropropagation. *Journal of Ornamental Plants* 5(1): 29-40.
- Klaosheed, S., S. Rittirat, S.Kalawong, and K. Thammasiri. 2024. Maximization of micropropagule production in an attractive ornamental plant, *Oxalis triangularis* A. St.-Hil. *Trends in Sciences* 21(8): 7917-7917.
- Kocaçalışkan, İ. 2021. Doku ve Hücre Kültürü Teknikleri (3. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Luo, B., L. Chen, G. Chen, Y. Wang, Q. Xie, X. Chen, and Z. Hu. 2022. Transcription and metabolism pathways of anthocyanins in purple clover (*Oxalis triangularis* A. St.-Hil.). *Metabolites* 12(12): 1290-1307.
- Martin, K. 2002. Rapid propagation of *Holostemma ada-kodien* Schult., a rare medicinal plant, through axillary bud multiplication and indirect organogenesis. *Plant Cell Reports* 21: 112-117.
- Murashige, T. 1974. Plant Propagation through Tissue Cultures. *Annual Review of Plant Physiology*, 25, 135-166.
- Pamplona, R. S., C. D. Dela Cruz, and M. A. Tayangona. 2023. Selected Laboratory Equipment and Kitchen Utensils as an Alternative Sterilization Method for Sterilizing Plant Tissue Culture Media. *bioRxiv* 10(1): 1-22.
- Pan, H., L. Zhang, Y. Li, and Z. Wang. 2024. Establishment of callus induction and plantlet regeneration systems of *Peucedanum praeruptorum* Dunn based on the tissue culture method. *Plant Methods* 20(1): 174-190.
- Pasternak, T. P., and D. Steinmacher. 2024. Plant growth regulation in cell and tissue culture *in vitro*. *Plants* 13(2): 327-341.
- Pazmiño-Durán, E. A., P. Loyola, and F. Díaz. 2001. Anthocyanins from *Oxalis triangularis* as potential food colorants. *Food Chemistry* 75(2): 211-216.
- Prasuna, S., and B. Srinivas, 2015. In vitro regeneration studies of *Oxalis corniculata* from nodal explants. *Int J Recent Sci Res* 6: 6216-6220.

- Preil, W. 2003. Micropropagation of ornamental plants. In: Plant Tissue Culture: 100 Years Since Gottlieb Haberlandt, pp. 115-133. Springer Vienna, Vienna.
- Ren, J., Q. Zhu, Y. Meng, F. Tang, Y. Xuan, D. Shi, S. Fu. 2017. Study on the Phenotypic Mutation Generated from 60Co- γ Irradiated *Oxalis triangularis* Purpurea Regeneration System. Agricultural Science & Technology, 18(5), 756-762.
- Rittirat, S., S. Klaoscheed, and K. Thammasiri. 2021. Large scale in vitro micropropagation of an ornamental plant, *Oxalis triangularis* A. St.-Hil, for commercial application. Acta Hort. 1339. 245-256.
- Rojas, C., Martinez, J., and Perez, L. 2023. Occurrence of leaf rust disease in *Oxalis triangularis* caused by *Puccinia oxalidis* in Valdivia, Chile. Plant Disease 107(7): 2225-2235.
- Senyange, B., J. Kim, and S. Lee. 2025. Tissue engineering in the agri-food industry: current status, socio-economic overview and regulatory compliance. Current Opinion in Biotechnology 91(3): 103228-103239.
- Sharma, S., N. R. Bhuyan, and J. P. Mohanty. 2024. A pharmacognostic, phytochemical, and antioxidant potential of *Oxalis triangularis*. Journal of Applied Pharmaceutical Research 12(5): 133-145.
- Taha, R. M. T., H. El-Sayed, and M. Farag. 2013. Synthetic seeds production and regeneration of *Oxalis triangularis* for mass propagation and conservation. International Journal of Environmental Science and Development 4(5): 461-464.
- Taha, R., N. A. Hasbullah, and A. Awal. 2009. *In vitro* flowering of selected ornamental plants. In II International Conference on Landscape and Urban Horticulture 881(20): 141-146.
- Tarigan, L. 2025. Sterilization of Plant Tissue Culture Equipment. Journal of Innovation and Scientific Collaboration 1(1): 25-30.
- Teng, W. L., and Y. W. Ngai. 1999. Regeneration of *Oxalis triangularis* ssp. *triangularis* from suspension cells cultured in three different systems (solid, liquid-flask and bioreactor cultures). Plant Cell Reports 18(1): 701-706.
- Xiao, Y., W. Tuo, X. Wang, B. Feng, X. Xu, S. Ahmad, Y. Zhao, and S. Wu. 2023. Establishment of a Rapid and effective Agrobacterium-mediated genetic Transformation System of *Oxalis triangularis* 'Purpurea'. Plants 12(24): 4130.
- Zhou, Y., L. Chen, J. Wang, and M. Zhang. 2023. High efficiency regeneration system from Blueberry Leaves and stems. Life 13(1): 242.

Vulnerability of Fruit Cultivation to Climate Change and Suggested Solutions: Modern Biotechnological Approaches (CRISPR/Cas9 and RNAi)

Çağlar KAYA^{1*} 

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-7054-3081>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ckaya@stu.comu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 22.12.2024 Accepted (Kabul tarihi): 16.04.2025

ABSTRACT: Climate change significantly affects agriculture, particularly fruit cultivation, by causing issues such as rising temperatures, droughts, excessive rainfall, pest infestations, and the spread of diseases. The aim of this study was to examine the impacts of climate change on fruit production and discuss key modern biotechnological solutions in plant breeding, which have been increasingly implemented both nationally and internationally, to address these challenges. Fruit species are highly sensitive to temperature fluctuations, water stress, and pests. Therefore, the development of climate-resilient fruit varieties is of paramount importance. Genetic engineering techniques, such as CRISPR/Cas9, which have revolutionized plant biotechnology, can be used to enhance heat tolerance, drought resistance, and pest resistance in fruit trees. Additionally, genetic modifications that increase photosynthetic efficiency and optimize water usage contribute to the sustainability of fruit production. Moreover, RNA interference (RNAi) technology can regulate genes related to disease resistance and water efficiency, helping to create pest-resistant plants while reducing water consumption. The widespread adoption of these modern biotechnological methods will not only enrich scientific knowledge but also contribute to the development of sustainable solutions in applied agriculture. Particularly, multidisciplinary research that delves deeper into the effects of climate change and explores the field applicability of biotechnological innovations is crucial. Such studies will help create more resilient and sustainable systems in vital sectors like fruit production, ensuring their adaptation to the challenges posed by climate change.

Keywords: Climate change, fruit cultivation, biotechnology, genetic engineering, sustainable agriculture.

Meyve Yetiştiriciliğinin İklim Değişikliğinden Etkilenebilirliği ve Çözüm Önerileri: Modern Biyoteknolojik Yaklaşımlar (CRISPR/Cas9 ve RNAi)

ÖZ: İklim değişikliği, özellikle meyve yetiştiriciliğini önemli ölçüde etkileyerek sıcaklık artışları, kuraklık, aşırı yağışlar, zararlılar ve hastalıkların yayılması gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin meyve üretimi üzerindeki etkilerini incelemek ve bu zorluklarla başa çıkmak için ulusal ve uluslararası alanda kullanılmaya başlanılan bitki ıslahı açısından önemli modern biyoteknolojik çözümleri tartışmaktır. Meyve türleri, sıcaklık dalgalanmalarına, su stresine ve zararlılara karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, iklim değişikliklerine dayanıklı meyve çeşitlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Kullanımlarının başlanmasıyla bitki biyoteknolojisinde çığır açan CRISPR/Cas9 gibi genetik mühendislik yöntemleri, meyve ağaçlarında sıcaklık toleransını, kuraklık direncini ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırmak için kullanılabilir. Ayrıca, fotosentez verimliliğini artıran ve su kullanımını optimize eden genetik modifikasyonlar, meyve üretiminin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak, RNA interferansı (RNAi) tekniği, hastalıklar ve su verimliliği ile ilgili genlerin düzenlenmesini sağlayarak, zararlılara karşı direnç oluşturmada ve su tüketimini azaltabilmektedir. Bu modern biyoteknolojik yöntemlerin kullanılmalarının yaygınlaşması, hem bilimsel bilgi birikimini zenginleştirecek hem de uygulamalı tarımda sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Özellikle iklim değişikliğinin etkilerini daha derinlemesine inceleyen ve biyoteknolojik yeniliklerin sahada uygulanabilirliğini araştıran multidisipliner çalışmaların hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Böylece, meyve üretimi gibi hayati sektörlerde iklim değişikliğine karşı daha dirençli ve sürdürülebilir sistemlerin oluşturulması mümkün olacaktır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, meyve yetiştiriciliği, biyoteknoloji, genetik mühendisliği, sürdürülebilir tarım.

INTRODUCTION

Climate change is one of the most pressing global challenges, with far-reaching impacts across various sectors, particularly agriculture. The agricultural sector, highly dependent on climatic conditions, faces

increased risks due to shifting weather patterns, changing precipitation regimes, rising temperatures, and the increased frequency of extreme weather events (Branca *et al.*, 2013). Among the most vulnerable agricultural sectors, fruit cultivation stands out as it is highly sensitive to even slight changes in

environmental conditions, such as temperature fluctuations, water stress, and pest outbreaks (Ding *et al.*, 2016). Given the vital role of fruit crops in global food security, nutrition, and economic stability, understanding the susceptibility of fruit cultivation to climate change is essential for developing strategies to mitigate its impacts and ensure the sustainability of fruit production systems (Food, 2016). The expected consequences of climate change on fruit production are multifaceted. Increases in temperature may alter phenological stages of fruit trees, affecting flowering, fruit set, and ripening periods, with potential for mismatches between these stages and optimal environmental conditions (Fischer *et al.*, 2016). Furthermore, changing precipitation patterns, leading to droughts or excessive rainfall, may exacerbate water stress, reduce yields, and influence the spread of plant diseases and pests (Penella and Calatayud, 2018). These challenges necessitate innovative solutions to safeguard fruit production, particularly in regions where climate change is expected to have the most severe impacts. Biotechnology offers promising tools to address these challenges. Advances in genetic engineering, especially gene editing technologies like CRISPR/Cas9, have revolutionized the ability to develop crops with enhanced resilience to environmental stresses (Rai *et al.*, 2023). These technologies can be used to improve drought tolerance, heat resistance, and pest resistance in fruit crops, all critical factors for maintaining productivity under changing climatic conditions. Moreover, biotechnology can play a role in improving water-use efficiency, enhancing photosynthetic efficiency, and fostering disease resistance, thereby reducing the dependency on chemical inputs (Panesar and Marwaha, 2013). The integration of biotechnology into fruit cultivation is thus seen as a vital step toward developing more resilient, sustainable, and productive agricultural systems. In addition to biotechnological advancements, sustainable agricultural practices must be promoted to ensure the long-term viability of fruit production systems. Integrated approaches that combine biotechnological innovations with agroecological principles, such as crop diversification, agroforestry, and water conservation techniques, can help mitigate the impacts of climate change and build adaptive capacity (Winqvist *et al.*, 2012; Medda *et al.*, 2022). By integrating both biotechnological approaches and sustainable agricultural practices, fruit cultivation systems can become more resilient to

climate-related challenges, ensuring global food security in the face of a rapidly changing climate (Shingade and Khatri, 2024).

This study aims to explore the vulnerabilities of fruit cultivation to climate change, with a focus on biotechnological solutions and sustainable practices that can enhance the resilience of fruit production systems. By analyzing recent advancements in genetic engineering and discussing their application in fruit cultivation, this study seeks to provide insights into how biotechnology, combined with sustainable practices, can contribute to mitigating the impacts of climate change and ensuring the sustainability of fruit production in the coming decades.

Impacts of Climate Change on Fruit Cultivation

Temperature increases and fruit development

Climate change, particularly temperature increases, significantly affects fruit cultivation. Global average temperatures have risen by approximately 1.2°C over the last century, and this trend is accelerating in the 21st century (Arias *et al.*, 2021). This increase in temperature directly impacts the biological cycles, growth rates, ripening processes, and productivity of fruit species. Fruits, in particular, are highly sensitive to temperature changes, and their biological responses to these changes vary from species to species (Adams *et al.*, 2001). High temperatures have a major impact on flowering and fruit development. Many fruit species typically undergo flowering during specific temperature ranges, and the acceleration of these processes due to higher temperatures can cause early flowering. This, in turn, increases the risk of frost damage in certain regions where late frosts are still possible. For instance, species such as apples and cherries can suffer yield losses due to early flowering, as flowers may be damaged by frost events (Menzel, 2023). In addition to affecting flowering times, higher temperatures accelerate the fruit ripening process. This can result in a decline in fruit quality, negatively impacting the flavor profiles and reducing fruit size (Ho and Hewitt, 1986). Moreover, temperature increases cause faster water loss from fruit trees, exacerbating drought stress, which leads to productivity losses. For example, grapes subjected to higher temperatures may undergo alterations in their acid content, which can negatively affect the taste and overall quality (Vonshak and Torzillo, 2003). Additionally, increased temperatures can decrease fruit

water content, leading to premature fruit drop or dehydration. Furthermore, temperature increases could lead to geographical shifts in the distribution of certain fruit species. While some tropical and subtropical fruit species may migrate to warmer regions, temperate species may become unsuitable for their current growing areas, leading to decreased production in those areas. For example, citrus species may become less productive in Mediterranean regions as temperatures rise (Penella and Calatayud, 2018).

Changes in precipitation patterns and water stress

Climate change also leads to significant alterations in precipitation patterns. Global warming has the potential to change rainfall distribution, with some areas experiencing more frequent droughts, while others may face excessive rainfall and flooding. Drought, in particular, can severely hinder the growth of fruit trees, as water scarcity affects plant development and fruit yield (Penella and Calatayud, 2018). Drought is one of the most significant challenges to fruit trees. Insufficient water availability can disrupt the growth and development of fruit trees, reduce photosynthetic efficiency, and accelerate leaf drop, which ultimately decreases productivity. Under severe drought conditions, fruit development can be arrested, and trees may fail to produce fruit altogether (Donovan and Ehleringer, 1994). In regions where water resources are already limited, these challenges can significantly impact the sustainability of fruit production. For example, olive trees, when exposed to high temperatures and inadequate rainfall, may experience reduced yields and lower fruit quality (Vonshak and Torzillo, 2003). On the other hand, excessive rainfall and flooding events can create significant problems in fruit cultivation. Excessive water accumulation can lead to root rot and hinder the development of the trees. Moreover, prolonged wet conditions can promote the spread of fungal and bacterial diseases, which in turn negatively impact fruit quality and yield. The grapevine, for example, is highly sensitive to waterlogging, which can damage the roots and decrease the quality of the grapes (Zeppel *et al.*, 2014). Changes in precipitation patterns can affect not only fruit yields but also the quality of the fruits themselves. Insufficient water leads to imbalances in the sugar-acid content of the fruit, causing alterations in taste profiles. For instance, grapes grown under water stress conditions often exhibit changes in sugar composition, which can negatively affect their quality

and flavor profile (Fischer *et al.*, 2016). Overall, changes in precipitation patterns due to climate change present a dual threat to fruit production, requiring more efficient water management and the development of drought-resistant fruit varieties.

Extreme weather events and pests

Climate change is increasingly contributing to the frequency and severity of extreme weather events, such as hailstorms, hurricanes, severe windstorms, and sudden temperature fluctuations. These events pose significant risks to fruit cultivation, as they can physically damage fruit trees and result in substantial yield losses (Motha, 2011). Hail, for example, can cause physical damage to fruit skins, creating conditions that promote fungal infections and fruit rotting. Hurricanes and severe windstorms can damage the structural integrity of fruit trees, breaking branches, causing fruit drop, and even damaging the root systems of trees. These extreme weather events can result in long-term productivity losses and affect the economic viability of fruit production (Rai *et al.*, 2023). Fruit trees, particularly those with larger and heavier fruits, are especially vulnerable to such physical damage. The physical damage caused by extreme weather events is compounded by the fact that rising temperatures and increased humidity create favorable conditions for the proliferation of pests and pathogens. For instance, fruit flies are able to reproduce more rapidly and extend their range as temperatures rise, while high humidity levels facilitate the growth and spread of fungal diseases. These pests and diseases can severely degrade fruit quality and diminish yields, resulting in substantial economic losses for producers (Paavola, 2017). The combination of higher temperatures and humidity may also trigger the appearance of new pest species in areas where they were previously unknown. For example, warmer temperatures in temperate regions could allow tropical pests, such as certain types of weevils, to migrate into these areas, leading to further disruptions in fruit production.

Plant diseases and pathogens

Climate change, with its associated temperature increases and shifts in humidity levels, significantly facilitates the spread of plant diseases and pathogens (Lihua, 1999). As temperatures rise, various pathogens, including bacteria, viruses, and fungi, proliferate at accelerated rates, leading to substantial yield losses in fruit crops (Elad and Pertot, 2014). These diseases pose

a severe threat to both the quantity and quality of fruit production, making it increasingly difficult for farmers to maintain sustainable yields under changing climatic conditions. Rising temperatures directly enhance the ability of pathogens to grow and spread. Many plant diseases, including those caused by fungi and viruses, thrive in warmer conditions. Fungal pathogens, in particular, are highly sensitive to temperature and humidity changes. For example, the powdery mildew fungus (*Erysiphe necator*) that affects grapes becomes more virulent under warmer temperatures, while *Botrytis cinerea*, the cause of grey mold in several fruit crops, flourishes when high humidity levels are coupled with warm weather (Vonshak and Torzillo, 2003). This can lead to widespread outbreaks, especially in regions where these diseases were once less problematic (Lahlali *et al.*, 2024).

The impact of rising temperatures on viral diseases cannot be overstated. As the climate warms, the geographical range of many plant viruses expands, allowing them to infect new crops and regions previously unaffected by these diseases (Brown and Ogle, 1997). For example, Cucumber mosaic virus (CMV) and Tomato spotted wilt virus (TSWV) are becoming more prevalent in regions with increasingly warmer climates, causing widespread damage to fruit crops such as tomatoes, peppers, and melons. These viruses severely reduce fruit quality, as infected plants often exhibit stunted growth, poor fruit set, and discoloration, all of which lead to significant economic losses for producers. In addition to direct damage to the fruit, viral diseases can impair the overall health of the tree, weakening its resistance to other stressors and pathogens. The compromised immune system of infected trees makes them more vulnerable to opportunistic pathogens such as bacteria and fungi, leading to a cascade effect in which multiple diseases exacerbate each other's impact (Branca *et al.*, 2013).

The spread of plant diseases is often facilitated by pests that serve as vectors for pathogens. Climate change, with its warmer temperatures and altered precipitation patterns, promotes the proliferation of both insect pests and nematodes, which act as carriers for plant diseases. For instance, aphids, whiteflies, and leafhoppers are known to transmit viruses and fungal spores between plants. As temperatures rise, the activity levels of these pests increase, leading to more frequent transmission events. Fruit flies, which have a broader range due to higher temperatures, not only damage fruit directly but

also facilitate the spread of bacterial and viral infections (Paavola, 2017). The increase in pest populations also results in greater competition for resources within fruit orchards. With more pests feeding on the same plants, trees experience increased stress, which weakens their resistance to disease. This makes it even more challenging for farmers to combat diseases and maintain fruit production. The combined effects of rising temperatures, increased humidity, and the spread of pathogens lead to significant challenges for fruit producers. Not only does the incidence of diseases increase, but the overall impact on fruit quality becomes more severe. For instance, fungal infections like Powdery Mildew or Downy Mildew result in lesions, rotting, or discoloration of fruit, rendering them unsellable (Lamichhane and Venturi, 2015). Similarly, viral infections can cause necrosis and deformation of fruit, making them unfit for market. The total impact on fruit yield and quality can be devastating, especially in regions heavily reliant on fruit production for their economies. The spread of plant diseases due to climate change can result in substantial economic losses for fruit producers. The financial burden on farmers increases as they must invest more in pest management, disease control measures, and the purchase of resistant cultivars. In many cases, the costs of controlling diseases, either through chemical means or biological control strategies, can exceed the income generated from fruit sales (Vonshak and Torzillo, 2003). The increased frequency of disease outbreaks and the unpredictability of climate patterns also exacerbate the financial uncertainty faced by farmers. In addition to these direct economic losses, the spread of plant diseases poses a broader risk to global food security. As crop yields decrease due to disease, the availability of fruit for consumption is diminished, leading to higher prices and reduced access to nutritious food, particularly in developing countries where fruit production plays a key role in local economies. This in turn, can exacerbate food insecurity and increase the vulnerability of communities dependent on fruit crops for sustenance. The proliferation of plant diseases, driven by climate change, is increasingly seen as a global threat to food security. In many regions, fruit crops serve as essential sources of vitamins and nutrients, particularly for vulnerable populations. The disruption of fruit production not only affects local economies but also the nutritional status of entire populations, particularly in low-income countries

(Ding *et al.*, 2016). The risk of crop failure due to plant diseases, combined with the unpredictability of weather events, creates a complex web of challenges for global food systems.

Economic impacts of climate change on fruit cultivation

Climate change poses significant threats to the agricultural sector globally, with fruit cultivation being one of the most affected industries. Fruit species are highly sensitive to temperature, precipitation, and humidity changes, which makes them particularly vulnerable to climate variability. The economic consequences of these changes are profound, as they affect the productivity, quality, and sustainability of fruit production (Chawla *et al.*, 2011).

Increased production costs

As climate change intensifies, the uncertainty surrounding agricultural production also grows, making farming more expensive. In regions affected by extreme heat or drought, the need for supplementary irrigation systems becomes essential. Irrigation requires significant amounts of energy and water, which leads to increased costs, particularly in areas where water resources are already scarce. Additionally, soil erosion and yield losses may require farmers to invest in land reclamation and maintenance practices, further driving up operational costs (Mendelsohn and Dinar, 2009). This is especially challenging in regions where water resources are limited or where erratic rainfall patterns exacerbate existing issues. In addition to the higher cost of irrigation, changes in temperature and humidity make the maintenance of fruit trees more difficult. New pests, diseases, and unpredictable weather events require increased use of pesticides and fertilizers, which increases production costs. As climate change exacerbates these factors, producers must adapt to rising costs and invest in more resilient infrastructure, which strains their financial resources (Bowen *et al.*, 2012).

Yield losses and decreased revenue

Climate change significantly reduces the yields of fruit trees. High temperatures, drought, and shifting precipitation patterns disrupt the growth cycles of fruit trees, affecting flowering, fruit setting, and ripening stages. Flowering and fruit development may be particularly vulnerable to temperature spikes, resulting in delayed or irregular fruit production. As a result, fruit

yields decline, and fruit quality diminishes (Ding *et al.*, 2016). For example, rapid maturation under higher temperatures can lead to smaller fruit sizes and lower sweetness levels, reducing market value and consumer preference. Economic losses from reduced yields are compounded by the increased cost of production. Farmers face lower returns on their investments, which in turn impacts their livelihood. The inability to achieve consistent yields and quality creates uncertainty, discouraging investment in farming and reducing income for growers. Additionally, unpredictable harvests make it more difficult to plan for the market, leading to price volatility, particularly for high-value fruit crops (Babcock and Hennessy, 1996; Priyadarshi, 2024).

Insurance and financial support needs

As risks associated with climate change increase, the need for agricultural insurance rises. However, higher risks translate into higher premiums, making insurance less affordable for small-scale farmers. In some regions, the cost of insurance premiums is prohibitively high, which can discourage farmers from purchasing coverage. This issue is particularly acute for those who already struggle with low capital and access to credit (Nnadi *et al.*, 2013). The lack of affordable insurance and financial support exacerbates the vulnerability of smallholder farmers, further limiting their ability to adapt to changing climatic conditions. Moreover, without proper government support and financial infrastructure, farmers face increased exposure to climate-related risks. In the absence of such support, the financial stability of farming communities declines, leading to wider economic impacts that affect local economies and food security (Chen and Newacheck, 2006).

Food security and climate change

Food security has become increasingly precarious as a result of climate change, with significant implications for fruit cultivation. As one of the key components of global food systems, fruit production is particularly sensitive to shifts in climate, and its disruption can exacerbate food insecurity. In many developing countries, where agriculture is the primary economic activity, climate-induced impacts on fruit production can destabilize local food systems and lead to malnutrition and hunger (Brown and Funk, 2008; Behera *et al.*, 2024).

Inequality in production and access to food

Climate change-induced variability in fruit production can drive up food prices, making it difficult for low-income populations to access nutritious foods. As fruit production becomes less reliable, both the quantity and quality of fruits available in the market decline. In many cases, the prices of fresh fruits increase, putting essential nutrients out of reach for vulnerable populations, particularly in impoverished areas. Consequently, food insecurity becomes more pronounced, and malnutrition rates rise, especially in regions heavily reliant on fruit as a source of vitamins and essential minerals. The disruption in fruit production exacerbates existing economic inequalities. Poorer regions and marginalized communities are disproportionately affected, as they have fewer resources to cope with changing agricultural conditions. As fruit prices rise and local production declines, the poorest are left without reliable access to healthy food, exacerbating poverty and inequality (D'Odorico *et al.*, 2019).

Supply chain disruptions

Climate change also disrupts global food supply chains. Since many countries rely on international trade for the exchange of fresh fruits, unpredictable weather events, and declining production can cause interruptions in these supply chains. For example, shifting harvest times due to temperature and precipitation changes can lead to mismatches between supply and demand, driving up prices and reducing the availability of certain fruits in global markets. Seasonal differences and shifts in harvest timings create a challenge for both producers and consumers, particularly in countries that rely on fruit imports to meet demand during off-seasons. This disruption not only affects local markets but also complicates global trade networks, making fruit supply less predictable and increasing price volatility (Schmidhuber and Tubiello, 2007). Farmers in exporting countries may experience lower export revenues due to yield reductions, and importing countries face increased costs, which ultimately leads to food insecurity and higher consumer prices.

Nutritional deficiencies and food crises

Declining fruit production and rising prices may lead to nutritional deficiencies in populations that depend heavily on fruits for essential nutrients, such as vitamin C, potassium, and folate. Tropical fruits, in particular, are vital for preventing vitamin deficiencies, and their

reduced availability could result in increased rates of malnutrition and other related health issues. These effects are most acute in developing nations, where access to diverse food sources is limited. As fruit yields decrease, particularly in tropical and subtropical regions, food crises become more likely (Drake, 2024). Reduced access to fruits exacerbates existing nutritional deficiencies, contributing to public health challenges such as stunted growth, weakened immune systems, and increased susceptibility to diseases. This scenario highlights the interconnectedness of climate change, agriculture, and human health, necessitating integrated approaches to address food security (Liebenguth and Gricius, 2024).

Agricultural biodiversity and climate change

Agricultural biodiversity is crucial for maintaining the stability and resilience of agricultural ecosystems. However, climate change presents a significant threat to biodiversity, especially in fruit cultivation. As temperatures rise and precipitation patterns change, the distribution of plant species may shift, leading to the decline or displacement of certain fruit species while others may expand into new areas. This change in the spatial distribution of crops can disrupt local ecosystems and threaten the viability of existing farming systems (Villanueva *et al.*, 2017).

Ecosystem preservation and ecological restoration

In addition to developing resilient crop varieties, preserving and restoring ecosystems is essential to safeguarding biodiversity. Agricultural landscapes need to integrate natural habitats to enhance ecological resilience. Practices such as agroforestry, crop rotation, and organic farming can contribute to biodiversity conservation while maintaining productive farming systems. By adopting these methods, farmers can create more sustainable and biodiverse agricultural landscapes that are better equipped to cope with climate-related challenges (Wang *et al.*, 2024). Moreover, local ecosystems that support pollinators and beneficial organisms should be conserved, as these contribute to higher crop yields and reduced dependence on synthetic inputs. Ensuring that ecosystems remain intact will allow for the maintenance of ecological functions and services that support fruit production (Light and Higgs, 1993).

Challenges in harvesting and logistics

Another significant impact of climate change on fruit supply chains is the increasing difficulty in harvesting and logistics operations. Changes in harvest timing and the increasing frequency of extreme weather events make it harder for fruit producers to harvest crops on time while maintaining fruit quality. This is particularly important in markets that demand high-quality fruit. Climate change can lead to changes in the timing of fruit maturation, making it challenging to harvest on time. Early harvesting may result in suboptimal fruit quality, while late harvesting could lead to over-ripening or spoilage. Furthermore, extreme temperatures and high humidity can contribute to post-harvest diseases and fruit decay (Paavola, 2017). Alterations in production timing can also affect the transportation and distribution of fruit. Rising temperatures can strain refrigeration systems used in transporting fruit, leading to spoilage and quality degradation during transport. Moreover, long-distance transportation may be hindered by extreme heatwaves and heavy rainfall, causing logistical delays (Satterthwaite *et al.*, 2010). Road blockages, port closures, and damage to infrastructure during adverse weather conditions can disrupt the smooth functioning of supply chains. Climate change is contributing to rising production costs, which in turn increases the costs throughout the entire supply chain. Yield losses, the spread of diseases and pests, logistical disruptions, and labor shortages all contribute to higher operational costs. Droughts and water stress increase the need for irrigation, while higher temperatures demand more energy for cooling systems in greenhouses and refrigerated transport. This leads to higher operational costs for producers (Schmidhuber and Tubiello, 2007). Rising Agricultural Input Costs: With the increasing spread of pests and diseases, the demand for agricultural chemicals such as pesticides and fertilizers rises, which further drives up production costs. Additionally, altered harvest schedules may require flexible labor arrangements, raising labor costs and complicating workforce management. Decreased yields lead to reduced fruit supply, causing price volatility. These price fluctuations can be especially problematic in developing countries, where food security may be at risk due to higher fruit prices (FAO, 2018). Increased fruit prices could be a barrier for low-income households, exacerbating poverty and food insecurity.

Biotechnological approaches to mitigate climate change impacts on fruit cultivation

Climate change presents an increasing challenge to global food systems, particularly in the context of fruit cultivation and supply chains. As temperatures rise, weather patterns become more unpredictable, and the prevalence of pests and diseases increases, fruit crops are facing a range of environmental pressures that threaten both their productivity and quality. To adapt to these challenges, biotechnological approaches are becoming indispensable for developing more resilient fruit crops that can withstand environmental stresses such as heat, drought, pests, diseases, and extreme weather events. This section outlines several key biotechnological strategies, including cutting-edge gene-editing technologies like CRISPR/Cas9, to enhance fruit tree resilience and improve agricultural sustainability in the face of climate change (Munaweera *et al.*, 2022).

CRISPR systems work by cutting double-stranded DNA as follows (Figure 1):

Guide RNA (gRNA) design: The first step is to design a guide RNA (gRNA) that is specific to the target DNA sequence. The gRNA consists of two parts: (1) Spacer sequence, which is designed to bind to a specific region of the target DNA. (2) Structural sequence, which enables binding to the Cas9 protein. **Cas9-gRNA complex formation:** The guide RNA binds to the Cas9 protein, forming the Cas9-gRNA complex. This complex scans the cell's DNA and locates the target DNA sequence that matches the designed gRNA. After the Cas9-gRNA complex binds to the target DNA sequence, Cas9 recognizes a short sequence adjacent to the target called the PAM (Protospacer Adjacent Motif). The PAM sequence is typically "NGG" (where "N" is any nucleotide, and "GG" represents two guanine bases). The presence of the PAM sequence is essential for Cas9 to cut the DNA, as it ensures the precise recognition of the target region. Once the Cas9-gRNA complex is correctly aligned with the target DNA, Cas9 cuts both strands of the DNA, creating a double-strand break (DSB). This break occurs at the precise location within the DNA, providing an opportunity for genetic modification. The cell attempts to repair the double-strand break. During this repair process, the cell uses one of two main pathways to fix the break, this repair pathway directly joins the broken DNA ends. However, NHEJ is error-prone, and it often

leads to small insertions (additions) or deletions (removals) at the break site. These errors can disrupt the function of the gene, leading to mutations. NHEJ is a fast process but is less accurate. If a repair template (such as a donor DNA sequence) is provided, the cell

can use it to accurately repair the break by copying the desired sequence. HDR is commonly used for precise genetic modifications, such as inserting a new gene or correcting a mutation. This process is more accurate but slower than NHEJ.

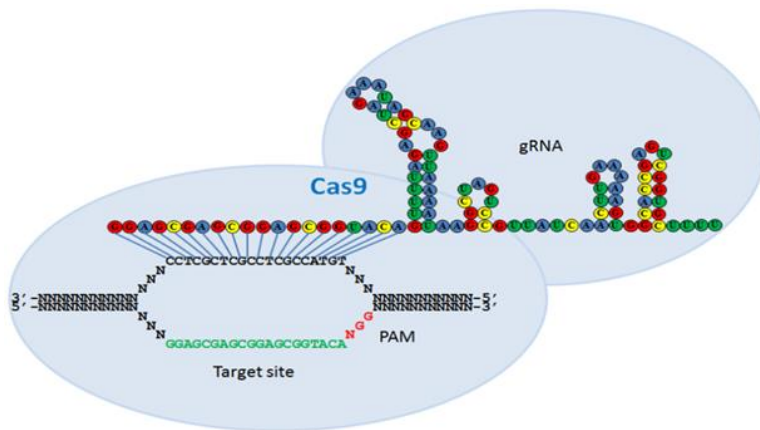


Figure 1. CRISPR/Cas9 mechanism in cell. Adapted from (Razzaq and Massod, 2018).

Şekil 1. Hücre içindeki CRISPR/Cas9 mekanizması. (Razzaq and Massod, 2018)'den uyarlanmıştır.

CRISPR/Cas9 and gene editing for stress tolerance in fruit crops

One of the most promising advancements in biotechnology for combating the adverse effects of climate change on fruit cultivation is the application of CRISPR/Cas9 gene-editing technology. This precise and efficient technique allows scientists to modify specific genes in fruit crops, thereby enhancing their tolerance to environmental stresses such as heat, drought, salinity, and pest attacks (Wan *et al.*, 2021).

Heat tolerance through CRISPR/Cas9

As global temperatures continue to rise, heat stress is becoming a significant challenge for fruit crops, particularly in regions that were previously temperate but are now experiencing higher temperatures. By using CRISPR/Cas9 to modify genes involved in heat tolerance, researchers can develop fruit varieties capable of thriving in higher temperatures (Kanth *et al.*, 2025).

Drought and water stress tolerance via CRISPR/Cas9

Water scarcity is another critical issue exacerbated by climate change. Drought stress can significantly reduce fruit yields and negatively affect fruit quality. CRISPR/Cas9 is being used to engineer fruit crops that

can better withstand periods of water stress. By editing genes responsible for water regulation in plants, such as those encoding for aquaporins (proteins that regulate water movement within plant cells), researchers can improve water use efficiency in fruit trees. In addition, genes related to abscisic acid (ABA) signaling pathways, which play a key role in plants' response to drought, can be edited to enhance the plant's drought tolerance (Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 1996).

Enhancing disease resistance with CRISPR/Cas9

The ability of CRISPR/Cas9 to precisely modify plant genomes also offers exciting possibilities for improving disease resistance in fruit crops. For instance, CRISPR can be used to enhance the expression of pathogenesis-related (PR) proteins, which are part of the plant's innate immune system. These proteins can help protect fruit crops from fungal, bacterial, and viral infections, which are more likely to spread due to climate-induced temperature and humidity changes. Resistance to fungal and bacterial diseases: CRISPR/Cas9-based strategies have targeted susceptibility genes in crops such as rice, tomato, wheat and citrus. After years of decoding and reading genomes, researchers are now editing and rewriting genomes to develop crops resistant to specific pests and pathogens. (Butt and Bastas, 2025).

The CRISPR-Cas technology has been successfully employed to confer resistance to various abiotic stresses such as heavy metal toxicity, salinity, drought and flooding (Raza *et al.*, 2020). In-depth molecular research has revealed insights into the cellular mechanisms underlying the plant's response to drought. Absciscic acid (ABA) plays a crucial role in the plant's drought response by reducing stomatal conductance and regulating gene expression to minimize water loss through transpiration (Osakabe *et al.*, 2014). The basic leucine zipper (bZIP) transcription factor, also known as ABA-responsive element (ABRE)-binding proteins, is essential for ABA signaling (Nakashima *et al.*, 2014). Overexpression of AREB1 (ABF2) has been

shown to improve drought resistance in plants while the absence of AREB1 weakens drought tolerance (Yoshida *et al.*, 2010).

Gene silencing technologies for stress mitigation

In addition to CRISPR/Cas9, another powerful biotechnological tool for improving fruit crop resilience is gene silencing technology, specifically RNA interference (RNAi). RNAi is a process that allows the silencing or downregulation of specific genes (Figure 2), which can be used to improve resistance to stressors such as pathogens, pests, and environmental extremes.

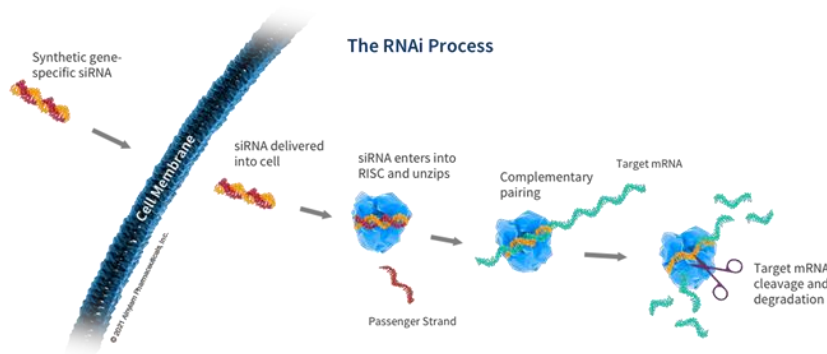


Figure 2. RNAi mechanism in cell (<https://www.alnylam.com/>).
Şekil 2. Hücre içindeki RNAi mekanizması (<https://www.alnylam.com/>).

The working principle of the RNAi mechanism is as follows (Figure 2):

Dicer-mediated cleavage: The RNAi pathway is initiated by the recognition and cleavage of double-stranded RNA (dsRNA) by the enzyme Dicer, an RNase III-type endonuclease. Dicer processes the long dsRNA into smaller fragments, typically around 20-25 nucleotides long, known as small interfering RNAs (siRNAs) or, in the case of naturally occurring non-coding RNA, microRNAs (miRNAs). The small RNA fragments, such as siRNAs or miRNAs, are then incorporated into the RNA-induced silencing complex (RISC). RISC is composed of various proteins, with Argonaute (Ago) being the key catalytic component. The small RNA guides RISC to the target mRNA through complementary base pairing. Once bound to RISC, the small RNA guides the complex to its complementary mRNA target. The specificity of this targeting depends on the sequence of the small RNA and the sequence of the mRNA. If the small RNA is

perfectly complementary to the target mRNA, Argonaute (Ago) within RISC induces cleavage of the mRNA, leading to its degradation. In cases where there is imperfect base pairing, as is often seen with miRNAs, the mRNA is not cleaved but instead undergoes translational repression. This prevents the mRNA from being translated into a protein. Cleaved mRNA fragments are degraded by exonucleases, while translationally repressed mRNAs may be sequestered in P-bodies (processing bodies) where they can be stored or degraded.

Pest resistance through RNAi

RNAi technology has shown great promise in developing pest-resistant fruit varieties. By silencing genes involved in pest infestation and feeding, researchers can make fruit crops less susceptible to damage. For example, RNAi has been successfully used to silence genes in fruit crops that are targeted by fruit flies and other pests, thereby reducing their ability to damage fruit. This method works by targeting

specific genes in pests that are critical for their growth and reproduction, effectively rendering them less capable of infesting fruit crops (Li *et al.*, 2023). RNA interference (RNAi) is a technique used to suppress the expression of specific genes, and it has gained significant importance in recent years in the control of agricultural pests. This technology works by silencing pest-specific gene regions, aiming to reduce both insect damage and their populations. Due to the negative effects of pesticides on humans and the environment, as well as the development of pesticide resistance in insects, RNAi has emerged as an alternative strategy for pest control. This review discusses the history and molecular mechanisms of RNAi technology, the methods of RNAi application, and factors that influence the success of this technique. Additionally, it highlights recent studies involving the use of RNAi technology in insects and the development of species-specific insecticides through RNAi applications (Dağeri *et al.*, 2013).

Fungal resistance via RNAi

RNAi can also be applied to enhance resistance to fungal diseases. For example, by silencing genes responsible for the synthesis of fungal cell wall components or enzymes that enable fungi to penetrate plant tissues, researchers can make fruit crops more resistant to fungal infections like botrytis and downy mildew. RNAi has been used in the development of transgenic crops that express small interfering RNAs (siRNAs) to inhibit the expression of genes critical for fungal growth, thereby reducing the spread of disease in fruit orchards (Gebremichael *et al.*, 2021).

Increasing photosynthetic efficiency and water use efficiency

Improving photosynthetic efficiency and water use efficiency is essential for fruit crops to thrive under increasingly challenging climate conditions. Biotechnology can be used to modify the biochemical pathways involved in these processes, leading to more robust and productive fruit crops (Al-Salman *et al.*, 2024).

C4 photosynthesis in fruit crops

One of the most exciting areas of research is the introduction of C4 photosynthesis into crops that naturally use the C3 pathway. C4 photosynthesis is more efficient in hot, dry conditions and uses water and nitrogen more efficiently. While C4 photosynthesis is

common in many grasses, including maize, it is not found in most fruit crops. By introducing the C4 pathway into fruit crops like grapes or apples, researchers aim to increase their productivity and water use efficiency under hot and arid conditions. The introduction of the C4 photosynthesis pathway into C3 fruit crops is an innovative area of research aimed at improving agricultural productivity and enhancing tolerance to environmental stresses. Key genes targeted for transfer from C4 plants to C3 crops include phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC), which plays a central role in carbon fixation, pyruvate orthophosphate dikinase (PPDK), which regulates this process, NADP-malic enzyme (NADP-ME), responsible for decarboxylating malate and releasing CO₂, and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (RuBisCO), which is involved in the final stages of carbon fixation. The transfer of these genes to fruit crops is expected to increase their photosynthetic capacity and improve efficiency under high-temperature and water-limited conditions. However, the success of this process requires not only the genetic incorporation of these enzymes but also the establishment of the specialized cellular organization required for C4 photosynthesis. Therefore, research in this area involves not just genetic engineering but also addressing anatomical and physiological adaptations (Lawson *et al.*, 2022).

Improving water use efficiency (WUE)

Another avenue for improving fruit crop resilience is through enhancing water use efficiency (WUE). Water scarcity is expected to worsen in many regions due to climate change, making it crucial to develop crops that require less water while maintaining high yields. Researchers are focusing on modifying stomatal conductance, which controls water loss through transpiration. By reducing the size or frequency of stomatal openings, fruit trees can conserve water more effectively. Additionally, enhancing the plant's ability to store water in root systems or modifying the plant's internal water-use strategies are ongoing areas of investigation (Jones, 2004).

Developing rootstocks for stress tolerance

Rootstocks play a critical role in determining the growth and resilience of fruit trees. By developing rootstocks that are more resistant to drought, salinity, and extreme temperatures, fruit trees can better cope

with changing environmental conditions (Cimen and Yeşiloğlu, 2016).

Development of climate-resilient fruit varieties

To preserve agricultural biodiversity and ensure long-term food security, it is essential to develop climate-resilient fruit varieties. These varieties must be able to withstand extreme temperatures, droughts, and other stressors induced by climate change. Advances in genetic engineering and plant breeding can facilitate the development of fruit species that are better adapted to warmer and drier climates. For example, drought-tolerant and water-efficient fruit varieties can increase agricultural productivity in regions experiencing water scarcity, helping to stabilize food production (Liang, 2016). Furthermore, the introduction of new breeding techniques to enhance the resistance of fruit crops to pests and diseases is crucial. As climate change alters the prevalence of certain pests and pathogens, it is important to ensure that fruit species have the genetic capacity to resist these emerging threats (Prasad *et al.*, 2024).

Enhancing shelf life and post-harvest resilience

Beyond increasing the resilience of fruit trees in the field, biotechnology can also improve the shelf life and post-harvest qualities of fruit. As the global supply chain for fruit becomes more complex, ensuring that fruit remains fresh and nutritious for longer periods is essential. Biotechnological innovations are being used to develop fruit varieties that resist spoilage, bruising, and damage during transport (Nie *et al.*, 2024).

CONCLUSION

The consequences of climate change on fruit cultivation are becoming increasingly profound, with rising temperatures, unpredictable weather patterns, water scarcity, and the spread of pests and diseases severely disrupting agricultural practices. These environmental shifts have resulted in decreased fruit quality and substantial yield losses, placing immense pressure on producers. Additionally, the geographical distribution of fruit species may undergo significant changes, demanding the creation of new adaptive strategies that take into account these evolving climatic conditions.

To address these challenges, biotechnological advancements present valuable solutions with the

potential to significantly reduce the adverse effects of climate change. Genetic engineering tools, such as CRISPR/Cas9, offer a means to enhance the resilience of fruit trees to environmental stressors, including heat and drought, thus ensuring the sustainability of fruit production. By modifying the genetic makeup of fruit crops, these technologies can improve stress tolerance, increase productivity, and enhance fruit quality. Furthermore, gene silencing technologies, such as RNA interference (RNAi), hold promise in reducing the impact of pests and diseases, offering an alternative to chemical pesticide use.

Biotechnology also offers significant potential to optimize photosynthetic efficiency and improve water usage in fruit cultivation. Through innovations such as the incorporation of C4 photosynthesis pathways, which are more efficient in water-scarce conditions, fruit crops can thrive in hotter and drier climates, contributing to improved yields. Nevertheless, more extensive research is needed to evaluate the practical applications and safety of these biotechnological solutions on a large scale.

The role of biotechnology in addressing the challenges posed by climate change to fruit cultivation is undeniable. However, for these solutions to be successfully implemented, there is an urgent need for continued scientific research and the development of robust policy frameworks that can facilitate the adoption of such technologies. The integration of biotechnological innovations will not only help to sustain agricultural productivity but also make significant contributions to global food security and environmental sustainability.

The integration of biotechnological advancements and sustainable agricultural practices represents a promising strategy to protect fruit cultivation from the growing uncertainties of climate change. By embracing these innovative solutions, we can not only secure a more resilient and productive future for fruit farming but also pave the way for a more sustainable and food-secure world. Therefore, it is essential for governments, researchers, and the agricultural industry to collaborate and accelerate the development and adoption of these technologies, ensuring that we are better prepared for the challenges ahead.

REFERENCES

- Adams, S. R., K. E. Cockshull, and C. R. J. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88 (5): 869-877.
- Al-Salman, Y., F. J. Cano, E. Mace, D. Jordan, M. Groszmann, and O. Ghannoum. 2024. High water use efficiency due to maintenance of photosynthetic capacity in sorghum under water stress. *Journal of Experimental Botany* 75 (21): 6778-6795.
- Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R. G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, *et al.* 2021. Technical Summary. pp. 33–144. *In* Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009157896.002.
- Babcock, B. A., and D. A. Hennessy. 1996. Input demand under yield and revenue insurance. *American Journal of Agricultural Economics* 78 (2): 416-427.
- Behera, B., A. Haldar, and N. Sethi. 2024. Agriculture, food security, and climate change in South Asia: a new perspective on sustainable development. *Environment, Development and Sustainability* 26 (9): 22319-22344.
- Bowen, A., S. Cochrane, and S. Fankhauser. 2012. Climate change, adaptation and economic growth. *Climatic Change* 113: 95-106.
- Branca, G., L. Lipper, N. McCarthy, and M. C. Jolejole. 2013. Food security, climate change, and sustainable land management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33: 635-650.
- Brown, J., and Ogle, H. 1997. Plant pathogens and plant diseases. *Australasian Plant Pathology Society Toowoomba* 382-383.
- Brown, M. E., and C. C. Funk. 2008. Food security under climate change. *Science* 319 (5863): 580-581.
- Butt, H., and K. K. Bastas. 2025. CRISPR/Cas9-based genome engineering in plants for enhancing disease resistance. pp. 143-154. *In* Kumar, A. and M.K Solanki (Eds.). *Microbial Biocontrol Techniques: Importance in Ensuring Food Security*.
- Chawla, R., A. Sheokand, M. R. Rai, and R. Kumar. 2011. Impact of climate change on fruit production and various approaches to mitigate these impacts. *Tropical Fruits* 26.
- Chen, A. Y., and P. W. Newacheck. 2006. Insurance coverage and financial burden for families of children with special health care needs. *Ambulatory Pediatrics* 6 (4): 204-209.
- Cimen, B., and T. Yeşiloğlu. 2016. Rootstock breeding for abiotic stress tolerance in citrus. *Abiotic and biotic stress in plants-recent advances and future perspectives*.
- D’Odorico, P., J. A. Carr, K. F. Davis, J. Dell’Angelo, and D. A. Seekell. 2019. Food inequality, injustice, and rights. *BioScience* 69 (3): 180-190.
- Dağeri, A., N. Güz, and M. Gürkan. 2013. Böceklerle mücadelede yeni bir strateji: RNA interferans. *Türkiye Entomoloji Bülteni* 2(3): 223-230.
- Ding, H., A. Chiabai, S. Silvestri, and P. A. Nunes. 2016. Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Services* 18: 141-153.
- Donovan, L. A., and J. R. Ehleringer. 1994. Water stress and use of summer precipitation in a Great Basin shrub community. *Functional Ecology* 289-297.
- Drake, D. M. 2024. *Food Shortage Crisis: Origins and Global Impact*. Bloomsbury Publishing USA.
- Elad, Y., and I. Pertot. 2014. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. *Journal of Crop Improvement* 28 (1): 99-139.
- FAO. 2018. *The State of Agricultural Commodity Markets: Agricultural Trade, Climate Change, and Food Security*. Rome, Italy.
- Fischer, G., F. Ramírez, and F. Casierro-Posada. 2016. Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review. *Agronomía Colombiana* 34 (2): 190-199.
- FOOD, O. 2016. The state of food and agriculture. *Climate change, Agriculture and Food Security* 78.
- Gebremichael, D. E., Z. M. Haile, F. Negrini, S. Sabbadini, L. Capriotti, B. Mezzetti, and E. Baraldi, 2021. RNA interference strategies for future management of plant pathogenic fungi: Prospects and challenges. *Plants* 10 (4): 650.
- Ho, L. C., and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. pp. 201-239. *In* J. G. Atherton and J. Rudich (Eds.). *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jones, H. 2004. What is water use efficiency. *Water Use Efficiency in Plant biology* 27-41.
- Kanth, K., R. S. Mane, B. D. Prasad, S. Sahni, P. Kumari, Quaiyum, S. Kumar, A. Singh, R. K. Chaudhary. 2025. *Editing the future: CRISPR/Cas9 for climate-resilient crops*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.1009023

- Lahlali, R., M. Taoussi, S. E. Laasli, G. Gachara, R. Ezzougari, Z. Belabess, and E. A. Barka. 2024. Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. *Crop and Environment* 3 (3): 159-170.
- Lamichhane, J. R., and V. Venturi. 2015. Synergisms between microbial pathogens in plant disease complexes: a growing trend. *Frontiers in Plant Science* 6: 385.
- Lawson, T., R. Emmerson, M. Battle, J. Pullin, S. Wall, and T. A. Hofmann. 2022. Carbon fixation. In *Photosynthesis in action* (pp. 31-58) Academic Press.
- Li, Y., H. Xu, W. He, H. Rong, S. Li, D. S. Kim, and J. Zhang. 2023. Silencing of insect dsRNase genes enhances the plastid-mediated RNAi effect on the Colorado potato beetle. *Entomologia Generalis* 43 (1).
- Liang, C. 2016. Genetically modified crops with drought tolerance: achievements, challenges, and perspectives. *Drought stress tolerance in plants, Vol 2: Molecular and Genetic Perspectives* 531-547.
- Liebenguth, J., and Griecius, G. 2024. The nutritional turn towards crisis: a critical perspective. *Critical Studies on Security*, 12 (3): 269-281.
- Light, A., and E. Higgs. 1993. The politics of ecological restoration. *Sciences* 1: 25-51.
- Lihua, L. 1999. Pathogenesis-related proteins and plant disease resistance. *Fujian Nongye Xuebao* (China).
- Medda, S., A. Fadda, and M. Mulas. 2022. Influence of climate change on metabolism and biological characteristics in perennial woody fruit crops in the Mediterranean environment. *Horticulturae* 8 (4): 273.
- Mendelsohn, R., and A. Dinar. 2009. Climate change and agriculture: an economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects. In *Climate Change and Agriculture*. Edward Elgar Publishing.
- Menzel, C. M. 2023. A review of fruit development in strawberry: high temperatures accelerate flower development and decrease the size of the flowers and fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 98 (4): 409-431.
- Motha, R. P. 2011. The impact of extreme weather events on agriculture in the United States. *Challenges and Opportunities in Agrometeorology* 397-407.
- Munaweera, T. I. K., N. U. Jayawardana, R. Rajaratnam, and N. Dissanayake. 2022. Modern plant biotechnology as a strategy in addressing climate change and attaining food security. *Agriculture and Food Security* 11 (1): 1-28.
- Nakashima, K., K. Yamaguchi-Shinozaki, K. Shinozaki. 2014. The transcriptional regulatory network in the drought response and its crosstalk in abiotic stress responses including drought, cold, and heat. *Front. Plant Sci.* 5: 170.
- Nie, H., X. Yang, S. Zheng, and L. Hou. 2024. Gene-Based developments in improving quality of tomato: focus on firmness, shelf life, and pre-and post-harvest stress adaptations. *Horticulturae* 10 (6): 641.
- Nnadi, F. N., J. Chikaire, J. A. Echetama, R. A. Ihenacho, P. C. Umunnakwe, and C. O. Utazi. 2013. Agricultural insurance: a strategic tool for climate change adaptation in the agricultural sector.
- Osakabe, Y., K. Osakabe, K. Shinozaki, L.S.P. Tran. 2014. Response of plants to water stress. *Front. Plant Sci.* 5: 86.
- Paavola, J. 2017. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environmental Health* 16: 61-68.
- Panesar, P. S., and S. S. Marwaha, 2013. *Biotechnology in agriculture and food processing: Opportunities and challenges*. CRC Press. Boca Raton.
- Penella, C., and A. Calatayud. 2018. Pepper crop under climate change: grafting as an environmental friendly strategy. *Climate resilient agriculture: strategies and perspectives*. IntechOpen, London 129-155.
- Prasad, G., D. Chauhan, H. Pandey, D. Singh, V. K. Dhiman, and V. K. Dhiman. 2024. Recent Advances in CRISPR-Cas for Climate-Resilient Horticulture in Fruits Crops. *Climate-Resilient Agriculture* 415-431.
- Priyadarshi, R. 2024. Observation of post-yield supply chain impediments for spoilage mitigation and revenue generation opportunities at countryside. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing* 17 (1): 127-145.
- Rai, G. K., D. M. Khanday, P. Kumar, I. Magotra, S. M. Choudhary, R. Kosser, and S. Pandey. 2023. Enhancing crop resilience to drought stress through CRISPR-Cas9 genome editing. *Plants* 12 (12): 2306.
- Raza, A., S. Charagh, A. Razzaq, R. Javed, and A. R. S. Khan. 2020. Hasanuzzaman, M. Brassicaceae plants response and tolerance to drought stress: Physiological and molecular interventions. In *The Plant Family Brassicaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 229-261.
- Razzaq, A., and A. Masood. 2018. CRISPR/Cas9 system: a breakthrough in genome editing. *Mol Biol.* 7 (210): 2.

- Satterthwaite, D., G. McGranahan, and C. Tacoli. 2010. Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365 (1554): 2809-2820.
- Schmidhuber, J., and F. N. Tubiello. 2007. Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703-19708.
- Shingade, D. M., and R. Khatri. 2024. The Role of Biotechnology in the Future of Fruit Crop Production: A Review 27 (9): 967-987.
- Shinozaki, K., and K. Yamaguchi-Shinozaki. 1996. Molecular responses to drought and cold stress. *Current Opinion in Biotechnology* 7 (2): 161-167.
- Villanueva, A. B., M. Halewood, and I. L. Noriega. 2017. Agricultural biodiversity in climate change adaptation planning. *European Journal of Sustainable Development* 6 (2): 1-1.
- Vonshak, A., and G. Torzillo. 2003. Environmental stress physiology. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology* 57-82.
- Wan, L., Z. Wang, M. Tang, D. Hong, Y. Sun, J. Ren, and H. Zeng. 2021. CRISPR-Cas9 gene editing for fruit and vegetable crops: strategies and prospects. *Horticulturae* 7 (7): 193.
- Wang, X., X. Wang, X. Zhang, J. Zhou, Z. Jia, J. Ma, and Y. Wei. 2024. Ecological barriers: An approach to ecological conservation and restoration in China. *Ambio* 1-15.
- Winqvist, C., J. Ahnström, and J. Bengtsson. 2012. Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services: taking landscape complexity into account. *Annals of the New York Academy of Science* 1249 (1): 191-203.
- Yoshida, T., Y. Fujita, H. Sayama, S. Kidokoro, K. Maruyama, J. Mizoi, K. Shinozaki, and K. Yamaguchi-Shinozaki 2010. AREB1, AREB2, and ABF3 are master transcription factors that cooperatively regulate ABRE-dependent ABA signaling involved in drought stress tolerance and require ABA for full activation. *The Plant J.* 61, 672-685.
- Zeppel, M. J. B., J. V. Wilks, and J. D. Lewis. 2014. Impacts of extreme precipitation and seasonal changes in precipitation on plants. *Biogeosciences* 11 (11): 3083-3093.