

Cilt / Volume : 9

Sayı / Issue: 2

Yıl / Year: 2024



MAS

MAS JOURNAL OF APPLIED SCIENCES

UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ



**İktisadi Kalkınma ve
Sosyal Araştırmalar Enstitüsü**

The Institute of Economic
Development and Social Research

M A S

Journal of Applied Sciences
Uygulamalı Bilimler Dergisi

ISSN: 2757-5675

masjaps.com

YIL-YEAR
2024

CİLT-VOLUME
9

SAYI-ISSUE
2

BAŞ EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

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

EDİTÖR YARDIMCILARI / VICE OF EDITOR IN CHIEF

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN / Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Tarımsal Makine Sistemleri Bölümü,
Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Siirt-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Nur YILMAZ / Assist. Prof. Dr. Ayşe Nur YILMAZ
Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Elazığ-TÜRKİYE
Fırat University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, Elazığ-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ERTAŞ OĞUZ / Assist. Prof. Dr. Fatma ERTAS OGUZ
Iğdır Üniversitesi, Tuzluca Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Iğdır-
TÜRKİYE
Iğdır University, Tuzluca Vocational School, Department of Medical Services and Techniques, Iğdır-
TÜRKİYE

Dr. Nihayet KOÇYİĞİT / Dr. Nihayet KOCYIGIT
Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu-Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri
Bölümü, Batman-TÜRKİYE
Batman University, Vocational School of Technical Sciences-Chemistry and Chemical Processing
Technologies Department, Batman-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Yeliz KAŞKO ARICI / Assist. Prof. Dr. Yeliz KASKO ARICI
Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Ordu-TÜRKİYE
Ordu University, Faculty of Medicine, Department of Basic Medical Sciences, Ordu-TÜRKİYE

Dr. Erhan KAHYA / Dr. Erhan KAHYA
Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Tekirdağ-
TÜRKİYE
Namık Kemal University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Electronics and
Automation, Tekirdağ-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan KAYA / Assist. Prof. Dr. Ali İhsan KAYA
Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-TÜRKİYE
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Adıyaman-TÜRKİYE

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

Doç. Dr. Arzu ÇİĞ / Assoc. Prof. Dr. Arzu CIG
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Siirt-TÜRKİYE

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Dr. Shahid FAROOQ / Dr. Shahid FAROOQ
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa-TÜRKİYE
Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Şanlıurfa-TÜRKİYE

İstatistik Editörü / Statistics Editor

Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI / Assoc. Prof. Dr. Gulen OZYAZICI
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt-TÜRKİYE

Yayın ve Mizanpaj Editörü / Editorial Review and Layout

Dr. Esra BİLİCİ / Dr. Esra BILICI
Uşak Üniversitesi, Eşme Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant Ve Veteriner Sağlık Programı, Uşak-Türkiye
Usak University, Eşme Vocational School Veterinary Department Laborant and Veterinary Health Program, Usak-Türkiye

ALAN EDITÖRLERİ / SUBJECT EDITORS

Doç. Dr. Kübra YAZICI / Assoc. Prof. Dr. Kubra YAZICI
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Yozgat-TÜRKİYE
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, Yozgat-TÜRKİYE

Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN / Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN
Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Tekirdağ-TÜRKİYE
Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Tekirdag-TÜRKİYE

Doç. Dr. Özlem DURNA AYDIN / Assoc. Prof. Dr. Ozlem DURNA AYDIN

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Diyarbakır-TÜRKİYE
Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Science and Animal Nutrition, Diyarbakır-TÜRKİYE

Doç. Dr. Kıvanç İRAK / Assoc. Prof. Dr. Kıvanç İRAK

Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Basic Sciences, Siirt-TÜRKİYE

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

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-TÜRKİYE
Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Van-TÜRKİYE

Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN / Prof. Dr. Osman GUNAYDIN

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-TÜRKİYE
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Adıyaman-TÜRKİYE

Doç. Dr. Mukerrem ATALAY ORAL / Assoc. Prof. Dr. Mukerrem ATALAY ORAL

Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksek Okulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Antalya-TÜRKİYE
Akdeniz University, Elmalı Vocational School, Management And Organization, Business Administration Program, Antalya-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Okan ORAL / Assist. Prof. Dr. Okan ORAL

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Antalya-TÜRKİYE
Akdeniz University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Antalya-TÜRKİYE

Doç. Dr. Yusuf BASOGUL / Assoc. Prof. Dr. Yusuf BASOGUL

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman-Türkiye
Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Adıyaman-TÜRKİYE

Dr. Öğretim Üyesi Ferhat ÇIRA / Assist. Prof. Dr. Ferhat CIRA

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa-TÜRKİYE
Harran University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Şanlıurfa-TÜRKİYE

Doç. Dr. Serpil SAVCI / Assoc. Prof. Dr. Serpil SAVCI

Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Yozgat-TÜRKİYE
Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, City and Regional Planning, Yozgat-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Emral GÜLÇEK / Assist. Prof. Dr. Emral GÜLÇEK

Siirt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Health Sciences, Midwifery Department, Siirt-TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YILMAZ / Assist. Prof. Dr. Mehmet YILMAZ

Siirt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Siirt-TÜRKİYE
Siirt University, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, Siirt-TÜRKİYE

Doç. Dr. Gülay OĞUZ / Assoc. Prof. Dr. Gulay OGUZ

Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Şanlıurfa-TÜRKİYE
Harran University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Şanlıurfa-TÜRKİYE

Dr. Amin MARANDI

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Aquatic Animal Health,
Tehran-IRAN

Dr. Shalini IYYANAR

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Department of Veterinary
Gynaecology, Puducherry-INDIA

Dr. Mouttou Vivek SRINIVAS

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Department of Veterinary
Microbiology, Puducherry- INDIA

Assoc. Prof. Dr. Norhayati Binti HUSSAİN

Universiti Putra Malaysia, Department of Food Technology, Faculty of Food Science and
Technology, Selangor-MALAYSIA

Dr. J.M. Susanthi JAYASINGHE

University of Peradeniya, Department of Chemistry, Faculty of Science, SRI LANKA

Victor T. IBEABUCHI

Alex Ekwueme Federal University Ndufu Alike, Department of Civil Engineering, Abakaliki-
NIGERIA

Assoc. Prof. Dr. Belay DUGUMA

Jimma University, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Department of Animal
Science, Jimma-ETHIOPIA

Assist. Prof. Dr. Ružica Ždero PAVLOVIĆ

University in Novi Sad, Novi Sad, Faculty of Agriculture, SERBIA

Assoc. Prof. Dr. Sergiy LAVRENKO

Kherson State Agrarian and Economic University, Department of Agriculture, Kherson-
UKRAINE

Dr. Krupa-Malkiewicz MARCELINA

West Pomeranian University of Technology Szczecin, Department of Plant Genetics,
Breeding and Biotechnology, Szczecin-POLAND

Dr. Javeria SHEIKH

Jinnah University for Women, Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Karachi-
PAKISTAN

Dr. Mehak AHSAN

Jinnah University for Women, Department of Food Science and Technology, Karachi-
Pakistan

Dr. Bojan ĐERČAN

University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Geography, Tourism and Hotel
Management, Novi Sad-SERBIA

Dr. Ivana PENJIŠEVIĆ

University of Priština in Kosovska Mitrovica, Faculty of Sciences and Mathematics, Lole
Ribara, Kosovska Mitrovica-SERBIA

ÜRÜN BİLGİSİ / PRODUCT INFORMATION

Dergi Kapsamı: MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi, (İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Enstitüsü) IKSAD tarafından yayınlanan açık erişimli, Uluslararası hakemli ve indeksli bir dergidir. Temel amacımız uluslararası akademisyenler için entelektüel bir platform sağlamaktır. Matematik, Mühendislik, Sağlık ve Doğa bilimleri alanlarında disiplinler arası çalışmaları teşvik etmeyi ve bu alanda önde gelen dergi olmayı hedefliyoruz.

Scope of the Journal: MAS Journal of Applied Sciences is an open access, internationally refereed and indexed journal published by (Institute of Economic Development and Social Research) IKSAD. Our main goal is to provide an intellectual platform for international academics. We aim to encourage interdisciplinary studies in the fields of Mathematics, Engineering, Health and Natural sciences and to become the leading journal in this field.

Yayınlayan / Publisher	IKSAD / IKSAD
Yayın Dili / Language	Türkçe-İngilizce / Turkish-English
Basım Tarihi / Date of Publication	19/06/2024
Yayın Aralığı / Frequency	Yılda dört kez (Mart-Haziran-Eylül-Aralık) yayınlanır. Published four times a year (March-June- September-December)

Tarandığı İndeksler / Indexed and
Abstracted in

MIAR

Scilit

ERIH

Google
Scholar

SÖBIAD 100

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Response of *Pennisetum hybridum* to Wood Vinegar Application

Hakan GEREN, Səkinə ƏLƏSGƏROVA, Əli MEHTİYEV, Lamiyə QULİYEVƏ.....211

A Preliminary Study on The Effect of Different Cutting Heights on The Forage Yield and Some Quality Parameters of Giant King Grass (*Pennisetum hybridum*)

Hakan GEREN, Sevinc ƏLİYEVƏ, Təhmirazı BAXIŞLI, Mədinə ABIŞOVA.....221

Determination of Molybdenum Content of Soils of Kirikhan-Kumlu Region and Relationships with Some Heavy Metals in Soil

Mehmet YALÇIN.....230

Field Scale Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Harran Plain

Merve DURMAZ , Hikmet GÜNAL, Mesut BUDAK , İsmail ÇELİK.....241

Coated Urea Fertilizers: A Comprehensive Review on Slow-Release Nitrogen Fertilizers

Kemal Yalçın GÜLÜT.....265

A Comprehensive Review on Exploring the Mechanisms of Boron Toxicity in Plants

Kemal Yalçın GÜLÜT 279

Fresh Yield and Competitive Ratios of Forage Turnip and Forage Pea Mixtures

Mertcan SEZER, Murat AZAK, İlknur YILDIRIM, Erdem GÜLÜMSER 290

Some Indicators for the Assessment of Soil Health: A Mini Review

Erdal SAKİN, Halil İbrahim YANARDAĞ, Zenzem FIRAT, Ahmet ÇELİK, Vedat BEYYAVALIŞ, Suat CUN.....297

Determining the Effect of Different EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Doses on Safflower

Pelşin Yekta SOLAK , Cuma AKINCI.....311

Relations Between Protein Intake and Immune System in Human and Farm Animals

Dilek ŞENTÜRK DEMİREL, Ramazan DEMİREL.....320

Determination of Spatial Distribution of Some Nutrient Element Contents in Dörtöl Plain Soils

Necat AĞCA, Emine Derya AŞKINER 331

Edible Mushrooms and Utilisation as Meat Analogues

Gürcü Aybige ÇAKMAK.....347

Liquefaction Potential in Erciş District of Van

Levent ERTUŞ.....360

Developing Directional Overcurrent Relay Without Voltage Input

Semih ŞENYÜZ, Mustafa BAYSAL, İbrahim EVKAY.....373

Factors Influencing the Intention to use Mobile Banking and the Moderating Effects of Subjective Norms and Innovation

Veysel YILMAZ, Yasemin KİNAŞ.....383

The Effect of Molasses Addition on the Silage Quality of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz) + Triticale (X *Triticosecale* Wittm) Mixture Grown as Intercrop in Cotton Cultivation

Ahmet ORUÇ, Mehmet AVCI.....400

Literature Review of Studies Conducted in the Field of Renewable Energy Resources and Green Finance

Betul ŞAHİN, Yaşar ŞAHİN.....414

A Statistical Evaluation of Chicken Meat Production in Turkey Between

Muhammed Emir YEŞİLOVA.....427

Investigation of the Effect of *Allium polyanthum* on the ABCB1 Gene in Colon Cancer Treatment

Fulya KÖKTEN, Fevzi Berk ŞAHİN, Hüseyin KEŞAN, Gonca KABAK, Yavuz SİLİĞ....437

Effect of Aromatic Drinking Water on Water Consumption and Performance in Male Calves

Fatih BÜYÜKCAN.....444

The Effect of Combined Treatment with *Mentha longifolia* L. and Docetaxel on Drug Resistance in Colon Cancer

Dilay AHMEDLİ, Zehra GÜMÜŞ, Rana YETKİN, Gonca KABAK, Yavuz SİLİĞ.....459

Geochemical Characteristics of Topaluşağı Volcanics (Kahramanmaraş, Türkiye)

Esin ÜNAL, Onur KÖSE, Fikret İŞLER.....466

Odun Sirkesi Uygulamasına *Pennisetum hybridum*'un Tepkisi

Hakan GEREN ^{1*}, Səkinə ƏLƏSGƏROVA ¹⁻², Əli MEHTİYEV ¹⁻², Lamiyə QULİYEVƏ ²

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir

² Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti, Aqronomluq Fakultəsi, Gəncə

*Sorumlu yazar (Corresponding author): hakan.geren.ege@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 06.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 18.02.2024

Özet

Bu çalışma, farklı odun sirkesi oranlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinde yem verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, 2023 yılının yaz yetiştirme döneminde, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir'de gerçekleştirilmiştir. Denemede 4 farklı odun sirkesi (OS) dozu (OS0: % 0 [kontrol], OS1: % 1, OS3: % 3 ve OS5: % 5) bitkiler üzerinde test edilmiştir. Yapraklara iki kez odun sirkesi uygulaması yapılmış ve hasat edilen bitki materyali silolanmıştır. Çalışmada, bitki boyu, kuru madde (KM) verimi, silaj pH'sı, ham protein (HP), NDF, ADF oranı gibi özellikler ölçülmüştür. Sonuçlar, odun sirkesi uygulamalarının bitki boyu, sap sayısı, KM verimi ve kök ağırlığı üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu ancak HP, NDF ve ADF içeriklerini etkilemediğini göstermiştir. En yüksek KM verimi OS3 uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dev kralotu, odun sirkesi, KM verimi, silaj kalitesi

Response of *Pennisetum hybridum* to Wood Vinegar Application

Abstract

This study was conducted to determine the effect of different rates of wood vinegar on the forage yield and some quality parameters of giant king grass (*Pennisetum hybridum*). The experiment was carried out at Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir/Turkey, during the summer growth seasons of 2023. In the experiment, four different rates of wood vinegar (WV) (WV0: 0 % [control], WV1: 1 %, WV3: 3 % and WV5: 5 %) were tested on the crop. Applications of wood vinegar were made on the leaves of the crop twice, and harvested plant materials were ensilaged. Some characteristics were measured such as plant height, dry matter (DM) yield, pH of silage, crude protein (CP) concentration, NDF and ADF contents. Results indicated that applications of wood vinegar had significant effect on plant height, number of tiller, DM yield and root weight but not CP, NDF and ADF contents. The highest DM yield was obtained from the application of WV3.

Keywords: Giant king grass, wood vinegar, DM yield, silage quality

1. Giriş

Sürdürülebilir tarımın önem kazanmasıyla birlikte bitkilerin ilk gelişim evrelerini daha hızlı tamamlaması, kök ve toprak üstü organların daha iyi gelişimini sağlayacak uygulamaların belirlenmesi ön plana çıkmaktadır (Geß ve Hazar Kalonya, 2023). Bitkisel kaynaklı ürünler ve uygulamalar, kimyasalların bıraktığı etkiyi azaltıcı bir rol oynamaktadırlar. Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi arttırmak için sentetik pestisitlerin yoğun kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan problemler, çeşitli alternatif yöntemlerin ve doğal pestisitlerin aranmasını zorunlu hale getirmiştir. Hayvanlar, bitkiler, bakteriler veya çeşitli mineraller gibi pek çok doğal maddeden elde edilen, vektörlerle mücadelede kullanılan ve biyopestisit adı verilen bu ürünlerden birisi de odun sirkesidir (Namlı ve ark., 2014; Sarıtaş ve Namlı, 2023).

Odun sirkesinin uzun zamandan beri doğal organik pestisit olarak kullanıldığı pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir. Odun sirkesi (OS), odun kömürünün üretilmesi sırasında ortaya çıkan bir yan ürün olup odunun, fırınlarda odun kömürüne dönüşümünde proliz işleminden sonra elde edilmektedir. Odun sirkesinin toprak kalitesini arttırdığı, zararlıları yok ettiği, bitki büyümesini arttırdığı ve bitki büyümesini düzenleyici olarak hareket ettiğine ilişkin raporlar bulunmaktadır. Odun sirkesi doğru miktarda ve şekilde uygulandığında gübrenin alınımını kolaylaştırmakta ve birçok hastalığın zararını azaltmakta, toprakta besin elementlerinin koşullarını düzenlenmekte, köklenmeyi arttırmakta ve mikrobiyolojik popülasyonu dengelemektedir. Mikrobiyolojik popülasyondaki değişim toprağa bağlı hastalıkların azaltmanın yanı sıra, köklerin dayanma gücünü arttırmakta ve bu nedenle besin elementlerinin daha iyi alınmalarını sağlamaktadır (Jothityangkoon ve ark., 2008; Ölmez ve ark., 2020; Nibalvos ve Nibalvos, 2021).

Odun sirkesinin *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp. ve *Rhizoctonia* spp. gibi hastalıklara neden olan patojen etmenlerin büyümesini

engellediği bazı çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır. Odun sirkesi yüksek asidite, etanol ve fenol içermesinden dolayı yüksek konsantrasyonlarda bakteri yok edici özelliği bulunmaktadır. Yapraktan odun sirkesi uygulamasında bazı bakteriler direk temas sonucu ölmekte ve mikrobiyolojik popülasyondaki değişimler patojenik bakterilerin yayılımına engel olmaktadır. Yaprak yüzeyinde oluşan asitlik aynı zamanda yayılmayı da engellemektedir. Bunlara rağmen yapraktan uygulamanın en büyük etkisi ise yaprakların pestisitlere ve hastalıklara karşı dayanıklılığını arttırmasıdır (Mungkumkamchao ve ark., 2013; Koç ve ark., 2017; Koç ve Yardım, 2019). Biyosit olarak kullanılan sentetik ilaçların insan sağlığına zararlı etkileri olduğu için odun sirkesinin bakterisit ve fungusit özelliğinden faydalanarak bu zararın azaltılması yoluna gidilmelidir (Yurteri, 2024). Üreticilerin kullanımına sunulmuş piyasadaki kimyasal gübre ve ilaçlara farklı bir bakış açısı olarak sunulan odun sirkesinin etkileri üreticilere anlaşılabilir bir şekilde ifade edilmeli ve odun sirkesinin toprakların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlamak amacıyla kullanımına yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir (Bengisu ve ark., 2020; Dumanoğlu, 2020).

Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) Buğdaygiller (*Gramineae=Poaceae*) ailesine mensup çok yıllık (*perennial*) bir yem bitkisidir (Geren ve Kavut, 2015; Geren ve ark., 2016 a,b). Tropik Afrika'dan kökenli bu bitki, kısır (steril) olması nedeniyle tohum oluşturmamakta (çok nadir de olsa bazen fertil tohum üretebilmekte) fakat, rizom veya sap çelikleriyle kolaylıkla çoğaltılabilmektedir (Güner ve Geren, 2023; Yamaç ve Geren, 2023). Yetiştirme yöresi ekolojik koşulları ve bakım işlemlerine göre tesis yılından sonra yılda birden fazla biçim alınabilmektedir. Mısır (*Zea mays*) gibi saplarının kalın olması nedeniyle silaj yapımına uygun bir bitkidir (Geren, 2014; Boğa ve ark., 2023; Özyazıcı, 2023; Turan, 2023). Genç dönemde biçilen taze otu hayvanlar tarafından (büyükbaş ve küçükbaş

çiftlik hayvanları, domuz, tavşan, balık) iştahla tüketilmektedir (Eren ve Kocaoğlu Güçlü, 2023 ve 2024; Özdoğan Çavdar, 2023; Özdoğan Çavdar ve Geren, 2023). Ancak bu bitki ile yalın ve uzun süre yapılan besicilikte böbrek taşı oluşumuna neden olduğu da rapor edilmektedir (Geren ve ark., 2020; Geren ve ark., 2021).

Dev kralotu bitkisinin yonca (*Medicago sativa*) gibi çok yıllık olması, tek yıllık bir yem bitkileri gibi her yıl tekrarlayan ekim ve ekim öncesi üretim maliyetlerinden tasarruf sağlamaktadır. Bitkinin hayatta kalabilmesi ve beklenen verimin tropik iklimlerde alınması, bir başka ifadeyle soğuk iklimlere uyum sağlamaması (Dželetović ve ark., 2019-2022; Geren ve Quliyeva, 2023; Erkovan ve Afacan, 2024), bitkinin diğer bir olumsuz yönüdür. Tuz (Geren ve Durul, 2014) ve kuraklığa dayanıklılığı da bulunmayan (Geren ve ark., 2014) bu bitki, yonca veya mısıra benzer bir sulama programına sahip olup ayrıca gübre gereksinimi de bulunmaktadır (Geren ve ark., 2014; Çeliktaş ve ark., 2018a-b; Saberrezai ve Geren, 2022). Bu çalışmanın amacı, dev kralotu bitkisine uygulanan farklı odun sirkeli dozlarının ot verimi ve bazı yem kalite özellikleri üzerine etkisini ortaya çıkarmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Nisan 2023 ile Ekim 2023 tarihleri arasında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün Bornova deneme tarlası üzerinde, dış ortam saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü aylar boyunca kaydedilen ortalama sıcaklık (24.2°C), uzun yıllar ortalamasından 2.1°C üstünde, toplam yağış yönünden (208.9 mm) ise 23 mm üstünde saptanmıştır. Denemede kullanılan toprak; tınlı-kum yapısını temsil etmekte olup, toprak analizi sonuçlarına göre, kum oranı %80.2, kil oranı %1.8, mil oranı %18.0, toprak pH'sının 5.83 (orta asit), tuzun %0.03 (tuzluluk tehlikesi yok), organik maddenin %1.72 (humusça fakir), kirecin %0.82 (fakir), toplam azotun %0.092 (orta), fosforun 2.54 ppm (orta) ve potasyumun 40 ppm (noksan), kalsiyumun

da 1300 ppm (fakir) olduğu saptanmıştır. Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri açısından, yapılan sulama ve uygulanan gübreler sayesinde dev kralotu bitkisinin yetişmesini kısıtlayıcı bir unsur bulunmamıştır.

Çalışmada, 2022 yılında dikilen ve tesis yılı tamamlanmış bir yaşındaki dev kralotu bitkisel materyal olarak kullanılmış olup bitkiler üzerinde, yaprakdan uygulanan 4 farklı odun sirkeli dozu (OS0: %0 [kontrol], OS1: %1, OS3: %3 ve OS5: %5) incelenmiştir. Çalışma, tek faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 40 adet (4x10) saksı kullanılmıştır.

2023 yılı ilkbahar mevsiminin başlamasına paralel olarak bitkilerde filizlenmeler başlamıştır. 28 Nisan 2023 tarihinde saksılarda temizlik biçimi yapıldıktan sonra, aynı gün her saksıya 7.5 kg/da N (üre formunda), 5 kg/da P₂O₅ (triple süper fosfat formunda) ve 5 kg/da K₂O (Potasyum sülfat formunda) uygulanmıştır (Geren ve Yaman, 2016). Söz konusu N, P ve K dozlarının tamamı saksının merkezine ve 4-5 cm derinliğe toplu bir şekilde verilmiştir. Yukarıda belirtilen gübre uygulamalarının aynısı, ilk biçimden sonra (3 Ağustos 2023) tekrarlanmıştır.

Çalışmada, Türkiye piyasasında ticari olarak satılan pirolize odun sirkelerinin %1, %3 ve %5'lik çözeltileri laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. 25 Mayıs 2023 tarihinde rüzgârsız bir havada, dekara 20 litre su karşılığı hesaplanarak, dev kralotu bitkisinin yapraklarına sprey şeklinde uygulanmıştır. Söz konusu dozun uygulanması esnasında, diğer bitkilerin etkilenmemesi için üzerleri kapatılmıştır. Odun sirkelerini ikinci uygulaması, ilk biçimden (3 Ağustos 2023) 20 gün sonra 24 Ağustos 2023 tarihinde yukarıda belirtilen doz ve şekillerde uygulanmıştır. Deneme, vejetasyon süresinin sonuna kadar çeşme suyu ile sulanmıştır. Saksı içindeki yabancı otlar elle yolunmuştur. Araştırma döneminde herhangi bir hastalık veya zararlı görülmemiştir. Birinci biçim 3 Ağustos 2023, ikinci biçim ise 27 Ekim 2023

tarihinde, toprak üzerinde 10 cm anız yüksekliği bırakılarak elle, bağ testeresi yardımıyla biçilmiştir.

Her iki biçimden sonra laboratuvara taşınan taze bitkiler bağ makası kullanılarak ~1 cm'lik boyutlarda doğranmış ve numunelere %0.5 oranında koruma amaçlı sofra tuzu serpilerek karıştırılmıştır. Grabb Testi yapılarak belirlenen kuru madde (KM) içerikleri ~%30 civarına yükselinceye kadar soldurulma işlemi yapılmıştır. Silo yemi üretimi amacıyla işlemden geçen bitki örnekleri ~150'şer gramlık paketler halinde özel naylon torbaların içerisine yerleştirilmiş, vakum makinesi yardımıyla havası alınmış (Geren ve ark., 2018a-b) ve 40 gün boyunca karanlık bir ortamda mayalanma bırakılmıştır.

Araştırmada incelenen özellikler şunlardır: Bitki boyu (cm): Hasattan önce toprak seviyesi ile bitkinin en uç noktası arasında kalan dikey mesafe cetvelle ölçülmüştür. Sap sayısı (adet/saksı): Hasattan önce saksının içindeki tüm saplar sayılmıştır. KM verimi (g/saksı): İlgili yüksekliklerden biçilen toprak üstü taze aksam 105°C'de kurutularak tartılmıştır.

Silaj pH'sı Anonymus (1993)'e göre saptanmıştır. Kuru kök ağırlığı: Hasatlardan sonra plastik saksılar kesilmiş, bitki kökü üzerindeki toprak, su ile dikkatlice yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Toprağından arındırılan kökler, iki hafta süreyle 50°C'de kurutulmuş, işlem sonunda kuru kök ağırlıkları kaydedilmiştir. Near-Infrared Analyzer cihazı yardımıyla taze silaj numunelerindeki ham protein (HP), Nötr Deterjan Lif (NDF) ve Asit Deterjan Lif (ADF) içerikleri saptanmıştır.

Deneme sonucu elde edilen tüm veriler varyans analizine tabi tutulmuştur (Yurtsever, 1984). Bu değerlendirme esnasında; elde edilen KM verimlerinin biçim toplamı, diğer özelliklerin ise biçim ortalamaları kullanılmıştır. Ortalamalar arasında çıkan farklılıklar LSD testi (%1) ile gruplara ayrılmış ve tabloda ilgili sütun içinde harflendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Dev kralotu bitkisine yapraklıktan uygulanan farklı odun sirkeleri dozlarının verim ve bazı yem kalite özellikleri üzerindeki etkileri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Farklı odun sirkeleri dozlarının dev kralotunda verim ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi

Odun sirkesi	Bitki boyu	Sap sayısı	KM verimi	Kuru kök ağırlığı
OS0	119 b	7.9 b	420 c	344 b
OS1	133 ab	8.3 b	474 b	358 b
OS3	145 a	9.6 a	694 a	433 a
OS5	130 ab	8.7 b	511 b	465 a
Ortalama	132	8.6	525	400
LSD (%1)	19.7	1.2	47	48
	Silaj pH	Silaj HP oranı	NDF oranı	ADF oranı
OS0	4.38 a	12.5	56.1	41.7
OS1	4.30 ab	12.5	56.2	41.9
OS3	4.18 bc	12.7	56.4	42.6
OS5	4.14 c	12.7	56.3	42.1
Ortalama	4.25	12.6	56.3	42.1
LSD (%1)	0.14	ÖD	ÖD	ÖD

OS0: %0 [kontrol], OS1: %1, OS3: %3 ve OS5: %5

Sütun içinde, farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

ÖD: önemli değil (not significant)

İstatistiki analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin bitki boyu üzerinde odun sirkeleri dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). En yüksek bitki boyu 145 cm ile OS3 (%3) uygulamasında

saptanırken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan OS1 (133 cm) ile OS5 (130 cm) uygulamaları izlemiştir. En düşük bitki boyu ise 119 cm ile OS0 (kontrol) uygulamasında ölçülürken, onu istatistiki

olarak aynı ve son grupta yer alan OS1 (133 cm) odun sirkesi uygulaması takip etmiştir. Bitki boyuna ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol uygulamasından itibaren OS3 dozuna kadar artan dozların bitki boylarını yükselttiği ancak OS5 uygulamasının hafifçe düşürdüğü saptanmıştır. Tayland koşullarında çeltik (*Oryza sativa*) bitkisine odun sirkesi uygulayan Polthanee ve ark. (2015), başak oluşumu aşamasında kontrol uygulamasında 76 cm olan bitki boyunun, odun sirkesi uygulamasında 79 cm'ye yükseldiği bildirilirken, hasat aşamasında 111 cm'den 108 cm'ye düştüğü bildirilmiştir. Saksıda yetiştirilen turp (*Raphanus sativus*) ve bakla (*Vicia faba*) bitkilerine, 11 farklı (%0-%10) odun sirkesi dozunu topraktan uygulayan Mmojieje ve Hornung (2015), bitki boylarının düştüğünü ifade etmişlerdir. Filipinler ekolojik koşullarında soya fasulyesine (*Glycine max*) farklı dozda odun sirkesi (T1:%10, T2:%20, T3:%30 ve T4:%0 [kontrol]) uygulayan Travero ve Mihara (2016), dozların bitki boyu üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu bildirmişlerdir. T4'de 48 cm olan bitki boyunun T1'de 52 cm, T2'de 47 cm ve T3'te 50 cm olduğu kaydedilmiştir. Bulgularımız, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, odun sirkesi uygulamasına farklı bitkilerin değişik tepkiler verdiğini söylemek mümkündür. Araştırma sonuçları arasındaki farklılığın iklim, lokasyon, çeşit, hasat zamanı, bitki koşulları vb. gibi faktörlerden kaynaklanabileceği unutulmamalıdır.

Varyans analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin sap sayısı üzerinde odun sirkesi dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu göstermektedir (Tablo 1). En yüksek sap sayısı 9.6 adet/saksı ile OS3 uygulamasında belirlenmiştir. Rakamsal olarak en düşük sap sayısı ise 7.9 adet/saksı ile OS0 (kontrol) uygulamasında tespit edilirken, OS0 (7.9 adet), OS1 (8.3 adet) ve OS3 (8.7 adet) uygulamaları aynı istatistiki grupta yer almışlardır. Sap sayısına ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, OS0 (kontrol) uygulamasından itibaren OS3

dozuna kadar artan odun sirkesi dozlarının sap sayılarını yükselttiği ancak OS5 dozunda ise hafifçe düşüşe neden olduğu kaydedilmiştir. İran koşullarında yetiştirilen *Glycine max* bitkisinde farklı odun sirkesi dozlarını (%0, %0.5, %1.0, %1.5) test eden Soltani ve ark. (2023), %1.5'luk dozun verim öğelerini desteklediğini bildirmiştir. Pek çok araştırmacı (Koç ve ark., 2020; Birol ve Günel, 2022) odun sirkesinin yapraktan uygulandığında yaprakların parlak ve koyu bir görünüm aldığını, sap (kardeş) sayısının arttığını ifade etmişlerdir. Bunun nedeni, fotosentezi teşvik eden odun sirkesindeki esterlerin etkisiyle klorofilin artmasıdır. Bu ester aynı zamanda şeker ve amino asit oluşumuna yardımcı olmakta, ürünün vejetatif aksamını zenginleştirerek verim ve lezzetliliğini yükseltmektedir (Namlı ve ark., 2014; Sarıtaş ve Namlı, 2023). Sağlıklı yaprakların pestisit ve hastalıklara karşı dayanıklılığı da artmaktadır. Bulgularımızın, bu araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır.

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin KM verimi üzerinde odun sirkesi dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu ortaya koymuştur. En yüksek KM verimi 694 g/saksı ile OS3 uygulamasında saptanmıştır. En düşük KM verimi ise 420 g/saksı ile OS0 (kontrol) uygulamasında kaydedilmiştir. KM verimine ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol uygulamasından itibaren OS3 uygulamasına kadar artan odun sirkesi dozlarının KM verimini yükselttiği, ancak OS5 uygulamasının hafifçe düşürdüğü saptanmıştır. Benzer bulgular, bazı araştırmacıların sonuçlarında şöyle ifade edilmiştir. Türkiye'nin Muş ili ekolojik şartlarında yetiştirilen buğdayda pestisit olarak odun sirkesinin farklı dozları (%0.5, %1, %2, %3, %4 ve %5) araştırılmıştır (Koç ve ark., 2020). Araştırmacılar, kontrol grubuna göre artan dozlarının buğday tane verimini yükselttiğini ifade etmişlerdir. Tayland ekolojik koşullarında yetiştirilen yerfıstığı (*Arachis hypogea*) bitkisine yapraktan ve topraktan farklı odun sirkesi dozları (0, %2, %3 ve %5) uygulayan Jothityangkoon ve

ark. (2008), doz arttıkça kuru ot veriminin yükseldiğini, ancak tane veriminin etkilenmediğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, odun sirkesinin ekimden önce bir kez toprak uygulaması olarak kullanıldığında, *Aspergillus flavus*, *A.parasiticus* ve aflatoksin kontaminasyonunu etkili bir şekilde kontrol edemediğini de vurgulamışlardır.

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin kuru kök ağırlığı üzerinde odun sirkesi dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Saksı başına en yüksek kuru kök ağırlığı 465 g ile OS5 uygulamasında kaydedilirken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan OS3 (433 g) izlemiştir. En düşük kuru kök ağırlığı ise 344 g ile Kontrol (OS0) uygulamasında saptanmış, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan OS1 (358 g) izlemiştir. Kuru kök ağırlığına ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol uygulamasından itibaren kadar artan odun sirkesi dozlarının kök ağırlıklarını yükselttiği saptanmıştır. Odun sirkesi doğru miktarda ve şekilde uygulandığında köklerin dayanma gücünü arttırdığı ve bu nedenle besin elementlerinin daha iyi alınmalarını sağladığı bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Jothityangkoon ve ark., 2008; Ölmez ve ark., 2020).

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin silaj pH'sı üzerinde odun sirkesi dozlarının önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Rakamsal olarak en yüksek silaj pH değeri 4.38 ile OS0 (Kontrol), yine rakamsal olarak en düşük pH değeri ise 4.14 ile OS5 uygulamasında ölçülmüştür. Silaj pH değerine ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, kontrole göre odun sirkesi dozu arttıkça silaj yeminin pH değeri düşmüştür. Ancak rakamsal olarak meydana gelen bu düşüş, silaj kalitesinin yükselmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle odun sirkesi uygulamasının dev kralotu silajının mayalanma kalitesini iyileştirdiği söylenebilmektedir. Bilindiği gibi, 4.2'den düşük pH değeri, iyi korunmuş silo yemi için standarttır ve bu değer, bitkisel materyalin asit konsantrasyonundan büyük ölçüde

etkilenmektedir. Pek çok araştırmacı (Ölmez ve ark., 2020; Chen ve ark., 2022; Wu ve ark., 2022; Yıldırım ve ark., 2024) silo yemine odun sirkesi ilavesinin bakteri kompozisyonunu etkilediğini, özellikle mayalanma seyrini olumsuz yönde etkileyen koliform bakteri ve küf sayısını azaltıp, olumlu yönde etkileyen *Lactobacillus plantarum* türünü teşvik ettiğini vurgulamışlardır. Şeker kamışı (*Saccharum officinarum*) bitkisinin posasına farklı dozlarda (%0, %1 ve %2) odun sirkesi uygulayıp silo yemi elde eden Wu ve ark. (2022), odun sirkesi uygulamasının silaj fermentasyon kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. 90 günlük Napier otunu (*Pennisetum purpureum*) biçtikten sonra farklı dozlarda (%0, %1 ve %2) odun sirkesi uygulayıp silaj yapan Chen ve ark. (2022), odun sirkesi dozlarının silaj HP oranı üzerine önemli etkisinin olmadığını saptamışlardır. Araştırmacılar, kontrole göre artan odun sirkesi dozlarının silo yeminin asitlik derecesini yükselttiğini (sırasıyla 4.52, 4.03, 4.06) bildirmişlerdir. Bulgularımız, araştırmacıların sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Varyans analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin silaj HP oranı, NDF ve ADF oranları üzerinde odun sirkesi uygulamalarının önemli etkisinin olmadığını göstermiştir. Çalışmada sırasıyla HP oranları %12.5-12.7 arasında (ortalama %12.6), NDF oranları %56.1-56.4 arasında (ortalama %56.3) ve ADF oranları %41.7-42.6 arasında (ortalama %42.1) değişim göstermiştir. Diğer bir ifadeyle, odun sirkesi uygulamasının dev kralotu bitkisinden elde edilen silo yeminin HP oranı ve hücre duvarı bileşenleri üzerinde önemli etkisi saptanmamıştır. Benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da dile getirilmiştir. Ölmez ve ark. (2020), Türkiye'nin Kars yöresi doğal merasından biçilen otlara farklı dozlarda (%0, %0.5, %1 ve %2) odun sirkesi uygulayıp silo yemi elde etmişlerdir. Araştırmacılar, kontrole göre artan odun sirkesi dozların silo yeminin NDF ve ADF oranları ile HP oranı üzerinde önemli etkisinin bulunmadığını, fakat silaj pH değeri

üzerinde önemli farklara neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgular, odun sirkesi uygulamalarının farklı açılardan (daha yüksek doz, zamanlama, topraktan uygulama, silaj yapımı esnasında, vb.) denenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

4. Sonuç

Dev kralotu bitkisine farklı dozlarda (%0, %1, %3 ve %5) yapraktan uygulanan odun sirkesinin yem verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisini tespit etmeyi amaçlayan çalışmada; kontrole göre artan odun sirkesi dozlarının verim ve bazı verim unsurları üzerinde önemli ve olumlu etkisi saptanmıştır. Yöre koşullarında yaz mevsimi boyunca yetiştirilen bitkiden iki biçim alınarak silajının yapılabileceği de saptanmıştır. Kontrole göre artan odun sirkesi dozlarının silajının mayalanma kalitesini iyileştirdiği ancak, silo yeminin HP oranı ve hücre duvarı bileşenleri üzerine odun sirkesi etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yöre koşullarında yüksek KM verimi ve güvenli mayalanma seyri için dev kralotu bitkisine %3'lük odun sirkesinin yapraktan uygulamasının (2 kez) önerilebileceği ortaya çıkmıştır. Ne var ki, kontrollü koşullarda yürütülen mevcut denemenin, en az 2 yıl süren tarla çalışmalarıyla tekrarlanması ve ekonomik analizlerinin yapılması, sonuçların kalıcılığını destekleyeceği düşünülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

Anonymus, 1993. Bestimmung des pH-Wertes. In: Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. Teil 18 Silage. Abschnit 18.1 Bestimmung des pH-Wertes. Methodenbuch Bd. III. VDLUFA-Verlag. Darmstadt.

- Bengisu, G., Seydoşoğlu, S., Sevilmiş, U., 2020. Bitkilerde yaralanma sonrası uyarımlar. *ISPEC International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development-IV*, Kongre Bildiriler Kitabı, 10-12 Haziran, Ankara s: 97-98.
- Biröl, M., Günel, E., 2022. Odun sirkesinin tarımda kullanımı. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1): 596-608.
- Boğa, M., Kılıç, H.N., Çanga Boğa, D., Gül Varış, C., 2023. Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Öncü ve Çağdaş Çalışmalar (Ed: A. Bobat). Maralfalfa'nın (*Pennisetum sp.*) ruminant hayvan beslemede kullanımı. Duvar Yayınları, Ankara, s:191-204.
- Chen, D., Zheng, M., Zhou, Y., Gao, L., Zhou, W., Wang, M., Zhu, Y., Xu, W., 2022. Improving the quality of Napier grass silage with pyroligneous acid: Fermentation, aerobic stability, and microbial communities. *Frontiers in Microbiology*, 13:1034198.
- Çeliktaş, N., Can, E., Atış, İ., Ertekin, İ., 2018a. Exploring the potential of giant king grass as a bioenergy crop in Mediterranean ecological conditions, 3rd International Energy & Engineering Congress Proceedings Book, 18-19 October 2018, Turkey, pp:833.
- Çeliktaş, N., Can, E., Tiryakioğlu, M., Kaya, D.A., Ertekin, İ., 2018b. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) dip sürgünlerinin biyopolimerik kaplanması ile sentetik tohumluk üretimi. *Uluslararası Katılımlı Türkiye 6. Tohumculuk Kongresi*, 10-13 Eylül, Niğde, s:311.
- Dumanoglu, Z., 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bitkisel atıkların değerlendirilmesi, tarımda yenilikçi yaklaşımlar. *Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik*, 461-473.
- Dželetović, Ž.S., Andrejić, G.Z., Simić, A., Geren, H., 2019. Influence of rhizome mass on the crop establishment and dry matter yield of *Miscanthus × giganteus* over ten seasons. *Journal of Agricultural Sciences Belgrade*, 64(1):21-35.

- Dželetović, Ž.S., Andrejić, G.Z., Simić, A., Geren, H., Aleksić, U., Brajević, S., 2022. Potential risks and problems in the cultivation of perennial energy crops, *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 26(2): 57-63.
- Eren, M., Kocaoğlu Güçlü, B., 2023. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) silajlarında in vitro rumen fermentasyonu ve metan üretiminin belirlenmesi, *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(1): 30-42.
- Eren, M., Kocaoğlu Güçlü, B., 2024. Bölüm II, Türkiye’de ruminant beslemede kullanılabilecek bazı alternatif kaba yemler (Ed: Şinasi AŞKAR). France, Livre De Lyon.
- Erkovan, Ş., Afacan, H., 2024. Performances of some sorghum genotypes under eskişehir ecological conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1):107-115.
- Geren, H., 2014. Farklı oranlarda baklagil yembitkileri ile silolanan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nun bazı kalite özellikleri üzerine bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2):209-217.
- Geren, H., Durul, G., 2014. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri üzerine bir ön araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1):85-91.
- Geren, H., Simić, A., Kavut, Y.T., Avcioglu, R., 2014. Effect of deficit irrigation on the biomass yield and related characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*), *25th International Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry*, 25-27 September, İzmir, p:277-280.
- Geren, H., Avcioglu, R., Kavut, Y.T., Tan, K., Sargin, S., 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen bazı çokyıllık sıcak mevsim buğdaygil cinslerinin yıllık sıcak mevsim buğdaygilleri ile silolanabilir verim, yem kalitesi ve biyoetanol verimi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(3): 243-251.
- Geren, H., Kavut, Y.T., 2015. Effect of different plant densities on the yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions, *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1):85-91.
- Geren, H., Yaman, M., 2016. Effect of different N and P levels on the forage yield and some yield characteristics of *Pennisetum hybridum*, EGF 2016, 26th General Meeting, Trondheim-Norway, 21:448-450.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2016a. Yield and silage characteristics of *Pennisetum hybridum* as affected by plant densities, EGF 2016, 26th General Meeting, Trondheim-Norway, 21:451-453.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2016b. Türkiye için yeni bir enerji bitkisi: Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*), *2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu*, 27-30 Eylül, Samsun, s:135-143.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Kir, B., Simić, A., 2018a. An investigation on some quality characteristics of ensilaged giant king grass (*Pennisetum hybridum*) with different levels of leguminous forages, *1st International Conference on Advances in Plant Sciences*, 25-27 April, Sarajevo, p:27.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Kir, B., Ural, E., 2018b. Effects on forage quality of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) silage with addition of kudzu (*Pueraria phaseoloides*), *1st International Conference on Advances in Plant Sciences*, 25-27 April, Sarajevo, p:29.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2020. Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 25(1):1-8.

- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2021. Sürdürülebilir dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) tarımında biçim aralıklarının kuru madde verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3):2412-2422.
- Geren, H., Quliyeva, L., 2023. Yeni tesis edilen dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinde sonbahar hasatlarının canlılık oranı üzerine etkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(3): 412-420.
- Geß, A., Hazar Kalonya, D., 2023. Sustainable Husbandry? -A Comparative LCA of Three Lamb Breeding Systems in Turkey, *Circular Economy and Sustainability*.
- Güner, İ., Geren, H., 2023. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nun sap çelikleri ile çoğaltım olanakları üzerine araştırmalar, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(1):81-89.
- Jothityangkoon, D., Koolachart, R., Wanapat, S., Wongkaew, S., Jogloy, S., 2008. Using wood vinegar in enhancing peanut yield and in controlling the contamination of aflatoxin producing fungus. *International Crop Science*, 4: 253-253.
- Koç, İ., Yardım, E.N., 2019. Pestisitlerin ve odun sirkesinin bazı mikrobiyal ve fiziko-kimyasal toprak parametrelerine etkilerinin araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(6): 896-904.
- Koç, İ., Yardım, E.N., Yıldız, Ş., 2017. In vitro şartlarında küf etmenlerine karşı tavuk gübresinden elde edilmiş odun sirkesinin antifungal etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4): 516-520.
- Koç, İ., Yıldız, Ş., Yardım, E.N., 2020. A research on the effects of pesticides and wood vinegar on weeds and cultivated plants in wheat agro-ecosystem. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(2): 94-106.
- Mmojieje, J., Hornung, A., 2015. The potential application of pyroligneous acid in the UK agricultural industry, *Journal of Crop Improvement*, 29(2):228-246.
- Mungkunkamchao, T., Kesmala, T., Pimratch, S., Toomsan, B., Jothityangkoon, D., 2013. Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 154:66-72.
- Namlı, A., Akça, M.O., Turgay, E.B., Soba, R.M., 2014. Odun sirkesinin tarımsal kullanım potansiyelinin araştırılması, *Toprak Su Dergisi*, 3(1):44-52.
- Nibalvos, A.V.G., Nibalvos, C.H.T., 2021. Growth effect of the different ratios of wood vinegar on *Brassica juncea*. *American Journal of Agricultural Science, Engineering and Technology*, 5(2): 339-350.
- Ölmez, M., Büyük, F., Şahin, T., Büyük, E., 2020. The effect of wood vinegar on nutritional value and fermentation of grass silage. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 5(3): 90-95.
- Özdoğan Çavdar, T., 2023. Tarımda iyileştirmeler (Ed: M. Ayçiçek, S. Sabancı Bal). Sürdürülebilir enerji kapsamında enerji bitkilerinin ve hasat zamanının önemi. İksad Publishing House, Ankara, s:87-100.
- Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., 2023. Sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında bazı çok yıllık buğdaygillerin performansları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1):15-26.
- Özyazıcı, M.A., 2023. Her yönüyle silaj (Ed: K. Kökten, S. Seydoşoğlu). Silaj yapımında kullanılan bitkiler. İksad Publishing House, Ankara, s:63-100.
- Polthanee, A., Kumla, N., Simma, B., 2015. Effect of *Pistia stratiotes*, cattle manure and wood vinegar (pyroligneous acid) application on growth and yield of organic rainfed rice, *Paddy and Water Environment*, 13(4):337-342.

- Saberrezaei, M., Geren, H., 2022. Farklı biçim yüksekliği ve azot seviyelerinin dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nda yem verimi ve kalitesine olan etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(1):107-118.
- Sarıtaş, F., Namlı, F., 2023. Farklı materyallerden elde edilen odun sirkesinin mısır bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2):154-161.
- Soltani, S.A.P, Modarres-Sanavy, S.A.M., Sadat Asilan, K., 2023. The effect of wood vinegar and biochar on the quantitative and qualitative yield of soybean in water shortage condition, *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(4): 907-920.
- Travero, J.T., Mihara, M., 2016. Effects of pyroligneous acid to growth and yield of soybeans (*Glycine max*). *International Journal of Environmental and Rural Development*, 7-1:50-54.
- Turan, N., 2023. Alternative Forage Crops-II (Ed: G Demiroğlu Topçu). Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), Iksad Publishing House, Ankara, p:153-173.
- Wu, S., Wang, C., Chen, D., Zhou, W., Chen, X., Wang, M., Zhang, Q., 2022. Effects of pyroligneous acid as silage additive on fermentation quality and bacterial community structure of waste sugarcane tops. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9:67.
- Yamaç, Y., Geren, H., 2023. Yeraltı depolamasının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinin vejetatif çoğaltımına etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3):243-251.
- Yıldırım, İ., Kardeş, Y.M., Gülümser, E., 2024. Silajlık mısıra farklı oranlarda ilave edilen şerbetçi otunun silaj kalitesine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 221-228.
- Yurteri, E., 2024. Effect of Plant Growth Regulators on Different Explants and Explant Size of Yellow Everlasting (*Helichrysum pallasii* Sprengel Ledeb.) Under in Vitro Conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 266-272.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 121, Ankara.

Atıf Şekli: Geren, H., Ələsgərova, S., Mehtiyev, Ə., Quliyeva, L., 2024. Odun Sirkesi Uygulamasına *Pennisetum hybridum*’un Tepkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 211-220.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11608412>.

To Cite: Geren, H., Ələsgərova, S., Mehtiyev, Ə., Quliyeva, L., 2024. Response of *Pennisetum hybridum* to Wood Vinegar Application. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 211-220.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11608412>.

Farklı Biçim Yüksekliklerinin Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nda Yem Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Ön Çalışma

Hakan GEREN ^{1*}, Sevinc ƏLİYEV ¹⁻², Təhmiraz BAXIŞLI ¹⁻², Mədinə ABIŞOVA ²

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir

² Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti, Aqronomluq Fakultəsi, Gəncə

*Sorumlu yazar (Corresponding author): hakan.geren.ege@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 06.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 18.02.2024

Özet

Bu çalışma, farklı biçim yüksekliklerinin dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinde yem verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, 2023 yılının yaz yetiştirme döneminde, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir’de gerçekleştirilmiştir. Denemede dört farklı biçim yüksekliği (toprak seviyesinin H5:5 cm, H10: 10 cm, H15: 15 cm ve H20: 20 cm yukarı) test edilmiş, hasat edilen bitki materyali silolanmıştır. Çalışmada, sap sayısı, bitki boyu, kuru madde (KM) verimi, silaj pH’sı, ham protein (HP), NDF, ADF oranı, kök ağırlığı gibi özellikler ölçülmüştür. Sonuçlar; muameleler arasında bitki boyu bakımından önemli farklar olmadığını, H5 uygulamasında sap sayısı ve KM veriminin artmasına karşılık, kök ağırlığı, sindirilebilirlik ve HP oranının düştüğünü göstermiştir. Yöre koşullarında bitki kalıcılığı, yüksek verim, kabul edilebilir yem kalitesi ve biçim aletlerinin güvenliği için dev kralotun 10 ile 15 cm yükseklikten biçilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Dev kralotu, biçim yüksekliği, yem verimi ve kalitesi

A Preliminary Study on The Effect of Different Cutting Heights on The Forage Yield and Some Quality Parameters of Giant King Grass (*Pennisetum hybridum*)

Abstract

This study was conducted to determine the effect of different cutting heights on the forage yield and some quality parameters of giant king grass (*Pennisetum hybridum*). The experiment was carried out at Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir/Turkey, during the summer growth seasons of 2023. In the experiment, four different cutting height (H5:5 cm, H10: 10 cm, H15: 15 cm and H20: 20 cm above ground level) were tested and, harvested plant material was ensilaged. Some characteristics were measured such number of tiller, plant height, dry matter (DM) yield, pH of silage, crude protein (CP) concentration, NDF, ADF contents and root weight. Results indicated that there were no significant differences in plant height among the treatments, and number of tiller and DM yield increased in the H5 treatment; however, root weight, forage quality and CP content decreased. Cutting heights of 10 to 15 cm above ground level can be recommended throughout the growing season for silage production of giant king grass for plant persistence, with high yield and acceptable forage quality, and for the safe operation of the harvest equipment’s.

Keywords: Giant king grass, cutting height, forage yield and quality

1. Giriş

Çok yıllık ve çok biçimli yembitkilerinde (yonca, dallı darı, filotu, dev kralotu, vb.) biçim zamanına ek olarak, biçim sıklığı (sayısı) ve biçim yüksekliği (anız yüksekliği, biçim derinliği) ot verimi ve yem kalitesini doğrudan etkileyen işlemlerdir (Baytekin ve Gül, 2009; Geß ve Hazar Kalonya, 2023). Vejetasyon süresi boyunca yapılan biçim uygulamasının sıklığı ve anız yüksekliği ot verimi ve kalitesi (ham protein içeriği, hücre duvarı bileşimi, vb.) etki yapmakta olup, derin biçimdeki (düşük anız yüksekliği) kök ve rezerve (depo) kayıpları, derin biçimin gereği olan az biçim sayısı ile dengelenmekte ve telâfi edilmektedir (Kir ve ark., 2022; Özdoğan Çavdar, 2023). Yüksek anız bırakmak ise bitkilerin çok çabuk besin depolamaya geçmesine neden olmakta, yeniden gelişimi hızlandırmaktadır. Biçim yüksekliği arttıkça (toprak üzerinde bırakılan kısım [anız] yükseldikçe) yem kalitesi artmakta buna karşılık ot verimi azalmaktadır. Bırakılan anızın boyu belirli bir yüksekliği aştıktan sonra ortaya çıkan yem kayıpları artan kalite ile telafi edilememektedir (Saberrezaei ve Geren, 2022; Geren ve Quliyeva, 2023).

Derin biçim (toprak üzerine çok az anız bırakmak) veya traşlama biçim (toprak üstü bitki kısımlarının kalıntısız olarak yani anız bırakılmadan kaldırılması) uygulamalarında, bitkilerin toprak üstü besin depolama organları yok edilmekte ve kök kitlesi şiddetli şekilde azalmaktadır (Geren ve ark., 2019; Özdoğan Çavdar ve Geren, 2023; Dağ ve ark., 2024a-b). Bu tarz biçim uygulamalarına (derin biçim) devam edilmesi neticesinde bitkilerin neredeyse tamamının yok olduğu bilinmektedir (Ekren ve ark., 2007; Geren ve ark., 2020; Geren ve ark., 2021). Aynı zamanda derin biçim uygulamaları biçim aletlerinin kesici organlarının da hasar görmesine (toprak üzerindeki taş, demir, kaplumbağa, vb. nesnelere çarparak kırılması) neden olmaktadır (Geren ve ark., 2016; Dumanoğlu, 2020). Uygun biçim yüksekliği ile yem bitkisi tesislerinden istenilen ot verimi ve kalitesi sağlanabilmektedir

(Bengisu ve ark., 2020). Yem üretimini esas alan bir sistemde dev kralotunun yem verimi ve kalitesini arttıran veya azaltan nedenleri irdeleyen çalışmalar büyük bir önem taşımaktadırlar (Çeliktas ve ark., 2018; Yuksel, 2019; Boğa ve ark., 2023; Özyazıcı, 2023; Turan, 2023; Eren ve Kocaoğlu Güçlü, 2023, 2024). Bu çalışmasının amacı, dev kralotu bitkisine uygulanan farklı biçim yüksekliklerinin ot verimi ve bazı yem kalite özellikleri üzerine etkisini ortaya çıkarmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, Nisan 2023 ile Ekim 2023 tarihleri arasında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün Bornova deneme tarlası üzerinde, dış ortam saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü aylar boyunca kaydedilen ortalama sıcaklık (24.2 °C), uzun yıllar ortalamasından 2.1 °C üstünde, toplam yağış yönünden (208.9 mm) ise 23 mm üstünde saptanmıştır. Denemede kullanılan toprak; tınlı-kum yapısını temsil etmekte olup, toprak analizi sonuçlarına göre, kum oranı % 80.2, kil oranı % 1.8, mil oranı % 18.0, toprak pH 'sının 5.83 (orta asit), tuzun % 0.03 (tuzluluk tehlikesi yok), organik maddenin %1.72 (humusça fakir), kirecin % 0.82 (fakir), toplam azotun % 0.092 (orta), fosforun 2.54 ppm (orta) ve potasyumun 40 ppm (noksan), kalsiyumun da 1300 ppm (fakir) olduğu saptanmıştır. Araştırma yerinin iklim ve toprak özellikleri açısından, yapılan sulama ve uygulanan gübreler sayesinde dev kralotu bitkisinin yetişmesini kısıtlayıcı bir unsur bulunmamıştır (Kacar ve Katkat, 2010).

Çalışmada, 2022 yılında dikilen ve tesis yılı tamamlanmış bir yaşındaki dev kralotu bitkisel materyal olarak kullanılmış olup, bitki üzerine dört farklı biçim yüksekliği (5-10-15-20 cm) incelenmiştir. Çalışma, tek faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 16 adet (4x4) saksı kullanılmıştır.

2023 yılı ilkbahar mevsiminin başlamasına paralel olarak bitkilerde filizlenmeler başlamıştır. 17 Nisan 2023 tarihinde her saksıya 7.5 kg da⁻¹ N, 5 kg da⁻¹

P₂O₅ (triple süper fosfat formunda) ve 5 kg da⁻¹ K₂O (Potasyum sülfat formunda) uygulanmıştır (Geren ve Yaman, 2016). Söz konusu azot (üre formu), fosfor ve potasyumun dozlarının tamamı saksının merkezine ve 4-5 cm derinliğe toplu bir şekilde verilmiştir. Yukarıda belirtilen gübre uygulamalarının aynısı, ilk biçimden sonra tekrarlanmıştır. Deneme çeşme suyu ile sulanmıştır. Saksı içindeki yabancı otlar elle yolunmuştur. Araştırma döneminde herhangi bir hastalık veya zararlı görülmemiştir. Birinci biçim 3 Ağustos 2023, ikinci biçim ise 27 Ekim 2023 tarihinde ilgili biçim yüksekliklerinden elle yapılmıştır.

Her iki biçimden sonra laboratuvara taşınan taze bitkiler bağ makası kullanılarak ~1 cm'lik boyutlarda doğranmış ve numunelere % 0.5 oranında koruma amaçlı sofra tuzu serpilerek karıştırılmıştır. Grabb Testi yapılarak belirlenen kuru madde içerikleri ~% 30 civarına yükselinceye kadar soldurulma işlemi yapılmıştır. Silo yemi üretimi amacıyla işlemiden geçen bitki örnekleri ~150'şer gramlık paketler halinde özel naylon torbaların içerisine yerleştirilmiş, vakum makinesi yardımıyla havası alınmış (Johnson ve ark., 2005) ve 40 gün boyunca karanlık bir ortamda mayalanma bırakılmıştır.

Araştırmada incelenen özellikler şunlardır: Bitki boyu (cm): Hasattan önce toprak seviyesi ile bitkinin en uç noktası arasında kalan dikey mesafe cetvelle ölçülmüştür. Sap sayısı (adet saksı⁻¹): Hasattan önce saksının içindeki tüm saplar sayılmıştır. KM verimi (g saksı⁻¹): İlgili yüksekliklerden biçilen toprak üstü taze aksam 105 °C'de kurutularak tartılmıştır. Silaj pH'sı Anonymus (1993)'e göre saptanmıştır. Kuru kök ağırlığı: Hasatlardan sonra plastik saksılar kesilmiş, bitki kökü üzerindeki toprak su ile dikkatlice yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Toprağından arındırılan kökler, iki hafta süreyle 50 °C'de kurutulmuş, işlem sonunda kuru kök ağırlıkları kaydedilmiştir. Near-Infrared Analyzer cihazı yardımıyla taze silaj numunelerindeki ham protein (HP), Nötr

deterjan lif (NDF) ve Asit deterjan lif (ADF) içerikleri saptanmıştır.

Deneme sonucu elde edilen tüm veriler varyans analizine tabi tutulmuştur (Yurtsever, 1984). Bu değerlendirme esnasında; elde edilen KM verimlerinin biçim toplamı, diğer özelliklerin ise biçim ortalamaları kullanılmıştır. Meydana çıkan farklılıklar LSD testi (% 1) ile gruplara ayrılmış ve tabloda ilgili sütun içindeki ortalamalar harflendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı biçim yüksekliklerinin dev kralotu bitkisinde ot verimi ve bazı yem kalite özellikleri üzerindeki etkileri Tablo 1'de sunulmuştur. İstatistiki analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin bitki boyu üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin olmadığını göstermiştir. Bitki boyları 111-120 cm arasında değişmiş olup, ortalama 115 cm olarak bulunmuştur. Güneydoğu Asya ekolojik koşullarında 5 farklı *Pennisetum purpureum* çeşidini (Common Napier, Dwarf Napier, Merkeron, Taiwan A25 ve Tangashima) dört değişik yükseklikten (0, 10, 20 ve 30 cm) ve dört haftalık periyotlarla hasat eden Jørgensen ve ark. (2010), 0'dan 30 cm'ye artan biçim yüksekliklerinde bitki boyunun sırasıyla 116, 123, 130 ve 141 cm'ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Kontrollü dış ortam koşullarında yetiştirilen filotu (*Miscanthus x giganteus*) bitkisini beş farklı yükseklikten (0, 5, 10, 15 ve 20 cm) hasat eden Geren ve ark. (2019), biçim yüksekliği 0 cm'den 20 cm'ye doğru gidildikçe bitki boylarının azaldığını (136, 135, 128, 126, 121 cm) ifade etmiştir. İzmir ekolojik koşullarında, kontrollü dış ortam koşullarında yetiştirilen dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisini beş farklı yükseklikten biçen (0, 5, 10, 15, 20 cm) Saberrezai ve Geren (2022), derin biçim uygulamalarının (0 ve 5 cm) bitki boyunu azalttığını ifade etmişlerdir.

İstatistiki analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin sap sayısı üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). Saksı başına en yüksek sap sayısı 11 adet ile H10 uygulamasında saptanırken, onu

istatistiki olarak aynı grupta yer alan H5 (11 adet) uygulaması izlemiştir. En düşük sap sayısı ise 9 adet saksı⁻¹ ile H20 uygulamasında saptanırken, onu istatistiki olarak aynı ve son grupta yer alan H15 (10 adet saksı⁻¹) uygulaması takip etmiştir. Sap sayısına ilişkin bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, toprak üzerinde bırakılan anız yüksekliği arttıkça (H5'den H20'ye doğru) sap sayısının azaldığı saptanmıştır. Pek çok araştırmacı (Baytekin ve Gül, 2009; Gülümser ve ark., 2018; Saberzadei ve Geren, 2022), çok yıllık buğdaygillerin derin biçim sonrası yeniden büyüme sağlayabilmek için kök ve kök boğazına depoladıkları besin maddelerini hızlıca kullanarak çok sayıda yeni sap oluşturdıklarını belirtmişlerdir. Ancak bu yeni sapların, yüksekten biçilenlere göre daha ince ve cılız, ot verime katkısının sınırlı olduğunu da bildirmişlerdir. Tayland

koşullarında *Pennisetum purpureum* cv. king grass bitkisini dört farklı yükseklikten biçim (0, 5, 10, 15 cm) Wijitphan ve ark. (2009), biçim yüksekliği 15 cm'den 0 cm'ye doğru gidildikçe sap sayısının 133'den 138 bitki m⁻²'ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Japonya ekolojik koşullarında *P. purpureum* bitkisinde üç farklı biçim yüksekliğinin (-3, 0 ve 20 cm) etkisini inceleyen Ishii ve ark. (1995), sap sayısına (-3 cm: 6.9, 0 cm: 5.5 ve 20 cm: 5.2 adet bitki⁻¹) biçim yüksekliklerinin istatistiki olarak bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. İzmir ekolojik koşullarında yetiştirilen *P. hybridum* bitkisini beş farklı yükseklikten biçim (0, 5, 10, 15, 20 cm) Saberzadei ve Geren (2022), bitki üzerinde bırakılan anız yüksekliği arttıkça sap sayılarının (0 cm: 15.3, 5 cm: 14.7, 10 cm: 14.8, 15 cm: 14.2, 20 cm: 13.8 adet/saksı) azalttığını belirtmiştir.

Tablo 1. Farklı biçim yüksekliklerinin dev kralotunda verim ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi

Biçim yüksekliği	Bitki boyu	Sap sayısı	KM verimi	Kuru kök ağırlığı
H5	111	11 ab	375 c	354 b
H10	120	11 a	492 a	393 b
H15	120	10 bc	500 a	409 b
H20	111	9 c	442 b	446 a
Ortalama	115	10	453	400
LSD (%1)	ÖD	1.2	45	47
	Silaj pH	Silaj HP oranı	NDF oranı	ADF oranı
H5	4.06 d	11.8 b	57.0 a	43.7 a
H10	4.20 c	12.4 ab	56.5 ab	42.7 ab
H15	4.31 b	12.7 ab	55.8 ab	41.9 b
H20	4.41 a	13.1 a	55.4 b	39.6 c
Ortalama	4.24	12.5	56.2	42.0
LSD (%1)	0.06	1.1	1.3	1.6

(H5: 5 cm, H10: 10 cm, H15: 15 cm ve H20: 20 cm)

Sütun içinde, farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

ÖD: önemli değil (not significant)

Varyans analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin KM verimi üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). Saksı başına en yüksek KM verimi 500 g ile H15, en düşük KM verimi ise 375 g ile H5 uygulamasından elde edilmiştir. KM verimine ilişkin bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, toprak üzerinde bırakılan anız miktarı arttıkça (0 cm'den 20 cm'ye doğru) verimlerinin yükseldiği, H10

ile H15 arasında istatistiki anlamda bir fark olmadığı, ancak H15 uygulamasından sonra veriminin azaldığı saptanmıştır. 5 cm yükseklikten biçilen bitkilerdeki sap sayısının artmasına rağmen, sapların ince ve kuru madde oranlarının nispeten düşük olması nedeniyle toplam KM verimleri de sınırlı düzeyde kalmıştır. Geniş tarlalarda 5 cm yükseklikten yapılacak biçim uygulamaları hasat makinalarının güvenliğini de (bıçak kırılması, körelmesi,

vb.) risk altına sokabileceğinden önerilmesi doğru bulunmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışmada en yüksek KM verimi sağlayan 10 veya 15 cm uygulaması önerilebilir. Güneydoğu Asya ekolojik koşullarında beş farklı *Pennisetum purpureum* çeşidini (Common Napier, Dwarf Napier, Merkeron, Taiwan A25 ve Tangashima) dört değişik yükseklikten (0, 10, 20 ve 30 cm) hasat eden Jørgensen ve ark. (2010), en yüksek KM verimini 11.6 t ha⁻¹ ile 30 cm biçim yüksekliği uygulanan Tangashima çeşidinden, en düşük KM verimini 5.9 t ha⁻¹ ile 0 cm biçim yüksekliği uygulanan Taiwan A25 çeşidinden elde ettiklerini belirtmişlerdir. *P. hybridum* bitkisini beş farklı yükseklikten biçen (0, 5, 10, 15, 20 cm) Saberrezai ve Geren (2022), ilk yıl biçim yüksekliklerinin KM verimi üzerinde önemli bir etkisinin bulunmamasına karşılık, ikinci yıl biçim yüksekliği 0'cm'den 20 cm'ye doğru gidildikçe KM verimlerinin düştüğünü (0 cm: 218, 5 cm: 217, 10 cm: 214, 15 cm: 205, 20 cm: 200 g saksı⁻¹) bildirmişlerdir.

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin kuru kök ağırlığı üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). Saksı başına en yüksek kuru kök ağırlığı 446 g ile H20, en düşük kök ağırlığı ise 354 g ile H5 uygulamasından elde edilmiştir. Kuru kök ağırlığına ilişkin bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, toprak üzerinde bırakılan anız yüksekliği arttıkça (H5'den H20'ye) kök ağırlıklarının yükseldiği saptanmıştır. Araştırmada, 5 cm gibi derin biçim uygulaması bitkileri yeni sap üretmeye daha fazla zorladığından kök ve kök boğazındaki besin depolarının hızlıca tüketilmesinde, bu da kök üretiminin azalmasına neden olmuştur. *P. hybridum* bitkisini beş farklı yükseklikten (0, 5, 10, 15, 20 cm) biçen Saberrezai ve Geren (2022), toprak üzerinde bırakılan anız yüksekliği arttıkça (0 cm'den 20 cm'ye) kök ağırlıklarının da arttığını (0 cm: 690 g, 5 cm: 757 g, 10 cm: 792 g, 15 cm: 842 g, 20 cm: 866 g saksı⁻¹) belirtmişlerdir. Kontrollü dış ortam koşullarında yetiştirilen *P. purpureum*

bitkisini dört farklı yükseklikten (5, 10, 15 ve 20 cm) hasat eden Geren ve ark. (2016), 5 cm'den biçilen bitkilerdeki kuru kök ağırlığının 47 g saksı⁻¹ olduğunu, artan biçim yükseklikleri ile (10 cm: 155, 15 cm: 160 ve 20 cm: 118 g saksı⁻¹) kök ağırlığının 5 cm uygulamasına göre yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin silaj pH'sı üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). En yüksek silaj pH değeri 4.41 ile H20, en düşük pH değeri 4.06 ile H5 uygulamasında ölçülmüştür. Silaj pH değerine ait bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, biçim yüksekliği arttıkça (H5'den H20'ye), bir başka ifadeyle toprak üzerinde bırakılan anız yükseldikçe silaj yeminin pH değeri de yükselmiştir. Ancak bu yükseliş değeri silaj kalitesinin azalması anlamına gelmektedir. Bu nedenle pH değeri rakamsal olarak düşük olanların daha kaliteli silaj yemi oluşturduğu anlamına gelmektedir (Gül ve ark., 2023). *P. hybridum* bitkisini beş farklı yükseklikten hasat eden Saberrezai ve Geren (2022), biçim yüksekliğin silaj pH'sı üzerinde önemli etkisinin olduğunu altını çizmişlerdir. Araştırmacılar, toprak üzerinde bırakılan anız yüksekliği arttıkça silaj yeminin pH değerlerinin de yükseldiğini (sırasıyla birinci ve ikinci yıl; 0 cm: 3.86-4.08, 5 cm: 3.92-4.10, 10 cm: 4.02-4.18, 15 cm: 4.12-4.31 ve 20 cm: 4.24-4.45) ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, *Miscanthus x giganteus* bitkisini beş farklı yükseklikten (0, 5, 10, 15 ve 20 cm) hasat eden Geren ve ark. (2019), biçim yüksekliği 0 cm'den 20 cm'ye yükseldikçe silaj pH değerlerinin de (4.02, 4.13, 4.14, 4.24 ve 4.29) yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin silo yemi bünyesindeki ham protein (HP) oranı üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). Mevcut çalışmada rakamsal olarak en yüksek HP oranı % 13.1 ile H20 uygulamasında saptanırken, rakamsal olarak en düşük HP oranı % 11.8 ile H5 uygulamasında belirlenmiştir. Silo yemi bünyesinde bulunan HP oranına ait

bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, rakamsal olarak biçim yüksekliği arttıkça (H5'den H20'ye doğru), bir başka ifadeyle toprak üzerinde bırakılan anız yükseldikçe yemdeki HP oranlarının da yükseldiği belirlenmiştir. Bunun nedeni, toprak üzerinde bırakılan anız yükseldikçe bitkideki yaprak oranının yükselmesidir (Önal Aşçı ve Acar, 2018). Zira yapraklar, saptan daha yüksek miktarda HP içermektedirler (Baytekin ve Gül, 2009; Güzar ve ark., 2024). Brezilya ekolojik şartlarında *Pennisetum glaucum* bitkisinin değişik biçim yüksekliklerine (20 cm ve 25 cm) verdiği tepkileri ölçmek için Silva ve ark. (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, HP oranları 20 cm için % 16.4, 25 cm için % 17.2 olarak tespit edilmiştir. *P.hybridum* bitkisini beş farklı yükseklikten hasat eden Saberrezai ve Geren (2022), biçim yüksekliğin HP oranı üzerinde önemli etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, biçim yüksekliğinin rakamsal değeri arttıkça HP içeriklerinin (0 cm: % 6.95, 5 cm: % 7.3, 10 cm: % 7.4, 15 cm: % 8.4 ve 20 cm: % 9.1) yükseldiğini saptamışlardır. Tayland koşullarında *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum* bitkisinde farklı biçim yüksekliğinin etkisi Lounglawan ve ark. (2014) tarafından araştırılmıştır. Araştırmacılar; 5, 10 ve 15 cm için sırasıyla HP oranlarını % 8.6, % 8.6 ve % 8.8 olduğunu belirterek, biçim yüksekliğinin HP oranı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını vurgulamışlardır.

Varyans analiz sonuçları, dev kralotu bitkisinin silo yemi bünyesindeki NDF oranı ile ADF oranı üzerinde biçim yüksekliklerinin önemli etkisinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 1). Araştırmada, rakamsal olarak en yüksek NDF oranı (% 57.0) ve ADF oranı (% 43.7) 5 cm yükseklikten biçilen (H5), yine rakamsal olarak en düşük NDF oranı (% 55.4) ve ADF oranı (% 39.6) ise 20 cm yükseklikten (H20) biçilen bitkilerden yapılan silo yemlerinde ölçülmüştür. Silo yemi bünyesinde bulunan NDF ve ADF oranlarına ait bulgularımız genel olarak

yorumlandığında, biçim yüksekliği arttıkça (H5'den H20'ye) artan yaprak oranına paralel olarak silo yemindeki NDF ve ADF oranlarının azaldığı saptanmıştır. Ancak bu rakamsal düşüş, silaj kalitesinin yükseldiği, bir başka ifadeyle, yemin sindirilme derecesinin arttığı manasına gelmektedir (Şimşek Soysal ve ark., 2022). Zira bitkinin toprak seviyesine yakın kısımlarında daha yüksek oranlarda selüloz bulunması nedeniyle NDF ve ADF oranları yükselmekte, yemin sindirilme seviyesi azalmaktadır (Önal Aşçı ve Acar, 2018; Seydosoglu and Bengisu, 2019; Yücel ve ark., 2024). Tayland koşullarında *P.purpureum* x *P.americanum* bitkisinde farklı biçim yüksekliğinin etkisi araştıran Lounglawan ve ark. (2014), biçim yüksekliğinin NDF ve ADF oranı üzerinde önemli etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 5, 10 ve 15 cm için NDF oranlarının sırasıyla % 76.5, % 76 ve % 73.7, ADF oranlarının ise % 41, % 40.3 ve % 39.5 olduğunu saptamışlardır. *P.purpureum* bitkisini dört farklı yükseklikten (5, 10, 15 ve 20 cm) hasat eden Geren ve ark. (2016), toprak üzerinde kalan anız yüksekliği arttıkça yaprak oranlarının da yükseldiğini, NDF (% 61.1'den % 54.9'a) ve ADF (% 41.1'den % 37.1'e) oranlarının rakamsal olarak düştüğünü ancak yemden faydalanma oranının yükseldiğini belirtmişlerdir.

4. Sonuç

Dev kralotu bitkisinde farklı biçim yüksekliklerinin (5, 10, 15, 20 cm) yem verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisini tespit etmeyi amaçlayan çalışmada yöre koşullarının yazlık ana ürün yetiştirme mevsiminde dev kralotu bitkisinin başarılı bir şekilde yetiştirilmiştir. Ayrıca, yaz boyunca iki biçim alınarak silajının yapılabileceği, biçim yüksekliğinin ot verimi ve bazı yem kalite özelliklerini önemli derecede etkilediği saptanmıştır. 5 cm'den yapılan biçim uygulamasının, bitki kalıcılığını etkileyen kök gelişimi ile yem kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle yöre koşullarında yüksek verim, kabul edilebilir yem kalitesi ve biçim aletlerinin güvenliği için dev kralotunun 10

ile 15 cm yükseklikten biçiminin önerilebileceği ortaya çıkmıştır. Ne var ki, kontrollü koşullarda yürütülen bu deneme sonuçlarının, en az iki yıl süren tarla çalışmalarıyla tekrarlanması ve ekonomik analizlerinin yapılması, sonuçların kalıcılığını destekleyeceği düşünülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Anonymus, 1993. Bestimmung des pH-Wertes. In: Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. Teil 18 Silage. Abschnitt 18.1 Bestimmung des pH-Wertes. Methodenbuch Bd. III. VDLUFA-Verlag. Darmstadt.
- Baytekin, H., Gül, İ., 2009. Yembitkileri, 'Genel Bölüm', (Ed: R. Avcıoğlu, Y. Karadağ, R. Hatipoğlu). Yembitkilerinde Hasat, Kuru Ot Üretimi ve Depolama, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara, s: 121-141.
- Bengisu, G., Seydoşoğlu, S., Sevilmiş, U., 2020. Bitkilerde yaralanma sonrası uyarımlar. *ISPEC International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development-IV*, Kongre Bildiriler Kitabı, 10-12 Haziran, Ankara s: 97-98.
- Boğa, M., Kılıç, H.N., Çanga Boğa, D., Gül Varış, C., 2023. Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Öncü ve Çağdaş Çalışmalar (Ed: A. Bobat). Maralfalfa'nın (*Pennisetum sp.*) ruminant hayvan beslemede kullanımı. Duvar Yayınları, Ankara, s:191-204.
- Çelikaş, N., Can, E., Atış, İ., Ertekin, İ., 2018. Exploring the potential of giant king grass as a bioenergy crop in Mediterranean ecological conditions, *3rd International Energy & Engineering*

Congress Proceedings Book, 18-19 October, pp:833.

- Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., 2024a. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen mısır mikrobiyal gübre uygulamasının etkisi: i. verim ve verim unsurları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1):72-80.
- Dağ, F., Mut, Z., Erbaş Köse, Ö.D., Kardeş, Y.M., 2024b. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen mısır mikrobiyal gübre uygulamasının etkisi: ii. kalite özellikleri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1):81-90.
- Dumanoglu, Z., 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bitkisel atıkların değerlendirilmesi, tarımda yenilikçi yaklaşımlar. *Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik*, 461-473.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., Bayram, E., 2007. Farklı biçim yüksekliğinin Adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda agronomik ve teknolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(1):55-71.
- Eren, M., Kocaoğlu Güçlü, B., 2023. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) silajlarında in vitro rumen fermentasyonu ve metan üretiminin belirlenmesi, *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(1): 30-42.
- Eren, M., Kocaoğlu Güçlü, B., 2024. Bölüm II, Türkiye'de Ruminant Beslemede Kullanılabilecek Bazı Alternatif Kaba Yemler (Ed: Şinasi AŞKAR), Veteriner Hekimlik Çalışmaları, Livre De Lyon, 15-31.
- Geren, H., Yaman, M., 2016. Effect of different N and P levels on the forage yield and some yield characteristics of *Pennisetum hybridum*, EGF 2016, 26th General Meeting, Trondheim-Norway, 21:448-450.
- Geren, H., Simić, A., Dželetović, Ž., 2016. Forage yield and nutritional values of *Pennisetum purpureum* affected by cutting height, EGF 2016, 26th General Meeting, Trondheim-Norway, 21:454-456.

- Geren, H., Simić, A., Güner, İ., Özdoğan, T., 2019. Effect of different cutting heights on forage yield and some nutritional values of miscanthus (*Miscanthus x giganteus*), 3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences, 16-18 April 2019, Turkey, 56-61.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2020. Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions, *Turkish Journal of Field Crops*, 25(1):1-8.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Ünlü, H.B., 2021. Sürdürülebilir dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) tarımında biçim aralıklarının kuru madde verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3):2412-2422.
- Geren, H., Quliyeva, L., 2023. Yeni tesis edilen dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinde sonbahar hasatlarının canlılık oranı üzerine etkisi, *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(3):412-420.
- Geß, A., Hazar Kalonya, D., 2023. Sustainable Husbandry? -A Comparative LCA of Three Lamb Breeding Systems in Turkey, *Circular Economy and Sustainability*.
- Gül, S., Erten, K., Coşkuntuna, L., Koç, F., 2023. Sorgum silajına farklı katkı maddeleri ilavesinin aerobik stabilite üzerine etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3):681-692.
- Gülümser, E., Başaran, U., Mut, H., Çopur Doğrusöz, M., 2018. Effect of mixtures and harvest time on agricultural and competitive traits of legume plus cereal intercropping. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10): 6653-6660.
- Güzar, B., Geren, H., Allahverdiyev, E., Əsgərova, A., 2024. Farklı hasat dönemlerinin inci darı (*Pennisetum glaucum*)’da verim ve bazı yem kalite unsurlarına etkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(1): 90-99.
- Ishii, Y, Ito, K., Numaguchi, H., 1995. Effects of cutting date and cutting height before overwintering the spring regrowth of summer-planted Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach), *Japanese Journal of Grassland Science*, 40(4):396-409.
- Johnson, H.E., Merry, R.J., Davies, D.R., Kell, D.B., Theodorou, M.K., Griffith, G.W., 2005. Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations, *Journal of Applied Microbiology*, 98(1):106-113.
- Jørgensen, S.T., Pookpakdi, A., Tudsri, S., Stölen, O., Ortiz, R., Christiansen, J.L., 2010. Cultivar-by-cutting height interactions in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) grown in a tropical rain-fed environment, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 60: 199-210.
- Kacar, B., Katkat, V., 2010. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.
- Kir, B., Geren, H., Ozkan, S.S., Budak, B., Salman, A., Demiroglu Topcu, G., Ilker, E., 2022. Effects of mowing heights on the turf performances of some tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) cultivars under mediterranean ecological conditions, 32nd Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry, 1-2 December, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Book of Abstracts, p: 66
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., Suksombat, W., 2014. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*), *APCBEE Procedia*, 8:27-31.
- Önal Aşçı, Ö., Acar, Z., 2018. Kaba Yemlerde Kalite, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Pozitif Matbaacılık ve Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti., 112s.

- Özdoğan Çavdar, T., 2023. Tarımda iyileştirmeler (Ed: M. Ayçiçek, S. Sabancı Bal). Sürdürülebilir enerji kapsamında enerji bitkilerinin ve hasat zamanının önemi. İksad Publishing House, Ankara, s:87-100.
- Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., 2023. Sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında bazı çok yıllık buğdaygillerin performansları, *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1):15-26.
- Özyazıcı, M.A., 2023. Her Yönüyle Silaj (Ed: K. Kökten, S. Seydoşoğlu). Silaj yapımında kullanılan bitkiler. İksad Publishing House, Ankara, s:63-100.
- Saberrezaei, M., Geren, H., 2022. Farklı biçim yüksekliği ve azot seviyelerinin dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda yem verimi ve kalitesine olan etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(1):107-118.
- Seydosoglu, S., Bengisu, G., 2019. Effects of different mixture ratios and harvest periods on grass quality of triticale (x *Triticosecale* Wittmack) forage pea (*Pisum sativum* L.) intercrop. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6):13263-13271.
- Silva, A.G.D., Junior, O.L.D.F., França, A.F.D.S., Miyagi, E.S., Rios, L.C., Filho, C.G.D.M., Ferreira, J.L., 2012. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milheto sob adubação nitrogenada, *Ciência Animal Brasileira Goiânia*, 13(1):67-75.
- Şimşek Soysal, A.Ö., Öner, F., Şahan, H., 2022, Bazı at dişi mısır (*Zea mays. indendata* Sturt.) çeşitlerinin silaj verim potansiyelleri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 866-873.
- Turan, N., 2023. Alternative Forage Crops-II (Ed: G Demiroğlu Topçu). Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), İksad Publishing House, Ankara, p:153-173.
- Wijitphan, S., Lorwilai, P., Arkaseang, C., 2009. Effect of cutting heights on productivity and quality of king napier grass (*Pennisetum purpurem* cv. King Grass) under irrigation, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(8):1244-1250.
- Yuksel, O., 2019. Determination of some physical and chemical characteristics of giant miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) silages harvested at different development stages. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5): 4226-4231.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 121, Ankara.
- Yücel, C., Şener Gedük, A., Yücel, D., 2024. Tatlı sorgum posası ile yapılan silajların önemli fermantasyon özellikleri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(1): 1-14.

Atıf Şekli: Geren, H., Əliyeva, S., Baxışlı, T., Abışova, M., 2024. Farklı Biçim Yüksekliklerinin Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda Yem Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Ön Çalışma. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 221–229.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11612203>.

To Cite: Geren, H., Əliyeva, S., Baxışlı, T., Abışova, M., 2024. A Preliminary Study on The Effect of Different Cutting Heights on The Forage Yield and Some Quality Parameters of Giant King Grass (*Pennisetum hybridum*). *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 221–229.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11612203>.

Kırıkhan–Kumlu Bölgesi Topraklarının Molibden İçeriği ve Topraktaki Bazı Ağır Metaller ile İlişkilerinin Belirlenmesi

Mehmet YALÇIN ^{1*} 

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

*Sorumlu yazar (Corresponding author): myalcin@mku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 10.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 20.02.2024

Özet

Bu çalışmada Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarının molibden içeriğinin belirlenmesi ve toprak içerisindeki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç için Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarını temsil edecek şekilde iki farklı derinlik (0-20 ve 20-40 cm) ve 30 ayrı noktadan olmak üzere toplamda 60 toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; Kadmium (Cd), Kobalt (Co), Krom (Cr), Nikel (Ni), Demir (Fe) ve Molibden (Mo) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların Cd içerikleri 0.01-0.06 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Co içeriği 0.02-0.22 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cr 0.03-0.77 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Ni içerikleri 0.70-6.56 mg kg^{-1} ; Fe içerikleri 4.04-13.09 mg kg^{-1} ve Mo içerikleri 0.01-0.23 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Toprakların Mo ile Cr içeriği arasında negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Aynı zamanda Cd ile Ni; Co ile Cr ve Ni ve Ni ile Fe aralarında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Bölge topraklarının ağır metal içerikleri sınır değerler ile karşılaştırıldığında herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Molibden içeriği, kırıkhan-kumlu, ağır metaller

Determination of Molybdenum Content of Soils of Kirikhan-Kumlu Region and Relationships with Some Heavy Metals in Soil

Abstract

In this study, it was aimed to determine the molybdenum content of the soils of Kırıkhan-Kumlu region and to determine their relationship with some heavy metals in the soil. For this purpose, a total of 60 soil samples were taken from two different depths (0-20 and 20-40 cm) and 30 different points to represent the soils of Kırıkhan-Kumlu region. Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Iron (Fe) and Molybdenum (Mo) contents were determined in the soil samples. According to the results of the research; Cd content of the soils was found between 0.01-0.06 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Co content 0.02-0.22 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cr 0.03-0.77 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Ni content 0.70-6.56 mg kg^{-1} ; Fe content 4.04-13.09 mg kg^{-1} and Mo content 0.01-0.23 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Negative significant relationships were determined between Mo and Cr content of soils. At the same time, positive significant relationships were determined between Cd and Ni, Co and Cr and Ni and Ni and Fe. When the heavy metal contents of the soils of the region were compared with the limit values, no heavy metal pollution was found.

Keywords: Molybdenum content, kırıkhan-kumlu, heavy metals

1. Giriş

Toprak, ana materyalin fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma süreçlerinin sonucunda oluşan, belirli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olan ve içinde yaşamı barındıran dinamik bir üç boyutlu sistemdir. Bitkilere yaşam alanı ve besin sağlayarak canlıları destekler. Bu özellikleriyle toprak, doğadaki hava ve su ekosistemleriyle birlikte üç temel ekosistemden birini oluşturur. Toprak, kirleticileri tutma ve filtrasyon özelliği sayesinde su ve hava ekosistemlerinin kirliliğini önlemede önemli bir role sahiptir (Tacıroğlu ve ark., 2016). Molibden (Mo), doğada önemli bir element olup nispeten düşük toksisiteye sahiptir (İpek, 2003). Atomik ağırlığı 95.94 olan molibden, koyu gri siyah renkte olup periyodik cetvelin VI-B serisinde çözünebilen ve çözünemeyen bileşikler şeklinde bulunur (Barceloux, 1999). Toprakta yetiştirilen bitkilerdeki molibden içeriği, toprağın molibden içeriği ve pH değeri gibi faktörlere bağlı olarak mevsimsel olarak değişkenlik gösterir (McDowell, 1992). Toprak çözeltisinin çok düşük olan pH koşulları altında, molibdenin (Mo) hareketliliği azalır, ancak bakır (Cu), manganez (Mn), çinko (Zn) ve kobaltın (Co) hareketliliği artar (Breus ve Yevtushenko, 2022).

Ağır metaller, insan faaliyetlerinin sonucu olarak antik çağlardan beri doğal döngülerin dışında atmosfere ve toprağa yayılmaya başlamıştır. Endüstri faaliyetleri sırasında ortaya çıkan su ve hava kirleticileri, kimyasal yollarla toprağa karışma eğilimindedir. Bu endüstriyel gelişmeler, ağır metal kirliliğini artırmış ve zamanla büyük boyutlara ulaşmıştır (Seven ve ark., 2018). Toprak kirliliği açısından, ağır metaller en önemli kirleticiler kaynaktan biridir. Topraklara karışan ve biriken ağır metaller, mikrobiyal aktiviteyi, toprak verimliliğini, biyolojik çeşitliliği ve ürünlerdeki verim kayıplarını etkileyerek, besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar çeşitli çevresel ve insan sağlığı sorunlarına yol açabilir (Özay ve Mammadov, 2013). Ağır metal kirliliği,

toprakta giderilmesi en zor kirlilik türlerinden biridir. Ağır metaller, toprağa oluşum sırasında ana materyalin yapısında bulunmaları ve maden, endüstri ve tarımda kullanılan kimyasal maddeler gibi çeşitli kirleticilerle toprağa karışabilmektedirler. Bu durum, toprak ekosisteminde bulunan canlılara toksik etki yapar ve toprakta biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyerek toprak özelliklerinde bozulmalara neden olabilir (Tacıroğlu ve ark., 2016).

Tabiatı koruyan doğal topraklar, kentleşme, sanayileşme ve aşırı gübre ve pestisit kullanımı gibi çeşitli insan faaliyetleriyle kirlenmektedir. Özellikle uluslararası otoyolların yakınındaki tarım alanları, yoğun araç trafiği nedeniyle daha yüksek ağır metal kirliliği riski altındadır (Küçük ve Karaoğlu, 2021). Günümüzdeki artan sanayileşme ve kentleşme, çeşitli çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunların başında ağır metaller gelmektedir; çünkü hava, toprak ve su kaynaklarında kirliliklere yol açarlar. Ağır metaller, bitki fizyolojisini olumsuz etkileyerek bitkisel üretimi azaltır ve besin zinciri yoluyla canlı sağlığını tehdit ederler (Yerli ve ark., 2020). Endüstrinin gelişmesi ve insan kaynaklı etkiler, ağır metal kaynaklı çevre kirliliğinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Yurdakul ve ark., 2023). Ülkemizde ağır metallerle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Aynı bölgede gerçekleştirilen bir çalışmada, Yalçın (2023a), Kırıkhan-Reyhanlı bölgesindeki tarım topraklarının molibden içeriği ve bazı ağır metallerle ilişkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, toprakların Cd içeriği 0.009-0.041 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Co içeriği 0.011-0.317 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Cr içeriği 0.008-0.187 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Ni içeriği 0.787-6.211 ppm arasında, Cu içeriği 1.11-3.77 ppm arasında, Fe içeriği 2.80-15.09 ppm arasında ve Mo içeriği 0.006-0.101 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprakların Mo ile Co ve Ni içerikleri arasında pozitif önemli ilişkiler tespit edilmiş, ancak Cr içeriği ile negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Ayrıca, Cd ile Co ve Ni arasında, Co ile Ni ve Cu arasında, ve Cu ile Fe arasında pozitif önemli ilişkiler bulunmuştur. Bölgedeki toprakların ağır metal içerikleri, sınır değerlerle karşılaştırıldığında herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Yakın bir bölgede, Yalçın (2020a) Şanlıurfa ili Siverek ilçesi yaygın toprak guruplarının ağır metal içeriklerinin mekânsal dağılımının belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; Toprakların ortalama pH, tuz, kireç ve organik madde içerikleri sırasıyla 7.54-7.57, % 0.06-0.06, % 3.64-3.84 ve % 1.89-1.99 arasında değişmiştir. Çalışma alanı topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları $Mn > Fe > Cu > Ni > Zn > Co > Cd > Cr$ sıralamasını takip etmiştir. Çalışma alanı topraklarının ağır metal içeriklerinin lagmesafeleri 16 ile 64 km arasında belirlenmiştir. Sonuçlara göre çalışma alanı topraklarının Cd içeriği ile Ni, Cu, Mn ve Zn arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının ağır metal veri setleri yardımı ve kriging yöntemi ile hazırlanan

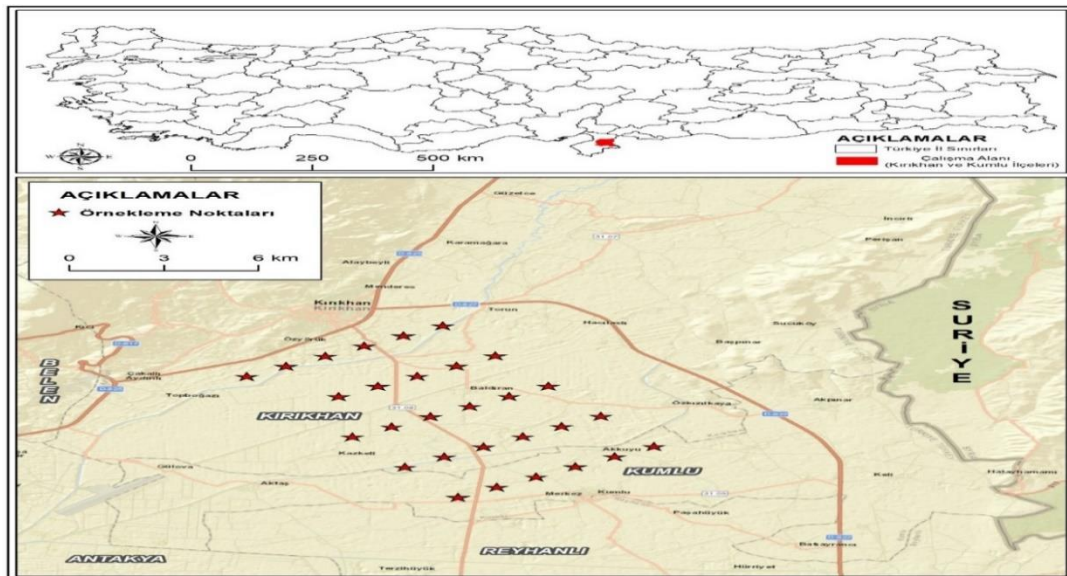
konumsal dağılım haritalarının, Şanlıurfa ili Siverek ilçesi yaygın toprak serilerinin toprakları için ağır metallerin yüksek ve düşük konsantrasyona sahip olduğu alanların belirlenmesinde başarı ile kullanılabileceği görülmüştür.

Çalışmanın amacı, Kırıkhan-Kumlu bölgesindeki toprakların molibden düzeyi ile bu topraklardaki bazı ağır metaller arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu bilgilerin tarım topraklarının verimliliği ve kalitesine katkıda bulunmasıdır. Bu şekilde, bu bölgede tarım ve ona dayalı geçimini sağlayan çiftçilere yardımcı olmak hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada yöreyi temsil edecek şekilde Kırıkhan-Kumlu bölgesi toprakları alanlarından 30 noktadan, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden toplamda 60 toprak örneği usulüne uygun olarak alınmıştır (Tablo 1). Aynı gün laboratuvara getirilen toprak örnekleri gölgede hava kurusu olacak biçimde kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1. Alınan toprak örneklerinin haritası üzerindeki gösterimi

2.2.Yöntem

Toprakların pH değerleri saturasyon çamuru ekstraktında pH metre ile toplam çözünebilir tuz içerikleri ise elektriksel iletkenlik aletinde ölçülerek belirlenmiştir

(Horneck ve ark., 1989). Toprakların kireç (CaCO_3) içerikleri Scheibler kalsimetresi aleti ile dört tekrarlamalı olarak ölçülmüştür (Nelson, 1982). Bünye hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1952).

Toprakların organik madde içerikleri, Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirildiği şekilde modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi, sodyum asetat (1N pH: 8.2) ekstraksiyon yöntemi ile (Rhoades, 1982). Toprakların yayayışlı kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni), bakır (Cu), demir (Fe) ve

Molibden (Mo) Lindsay ve Norvell (1978)'e göre 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl_2 +0.1 M TEA (pH 7.3) ekstraktında belirlenmiştir. Toprak özellikleri ile besin elementleri arasındaki korelasyon ve regresyon analizleri SPSS 17 istatistik programında yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

Tablo 1. Toprak örneklerinin alındığı yerler

Toprak No	Örnek Yeri	GPS ile N/E Koordinatları	Toprak No	Örnek Yeri	GPS ile N/E Koordinatları
1	Reşatlı	(54.2910 - 40.3829)	16	Özkızılkaya-1	(54.4676 - 40.3183)
2	İçada-1	(54.2162 - 40.3762)	17	Özkızılkaya-2	(54.3927 - 40.3116)
3	İçada-2	(54.1415 - 40.3696)	18	Kumlu-1	(54.3178 - 40.3049)
4	Karadurmuşlu-1	(54.0667 - 40.3629)	19	Kumlu-2	(54.9522 - 40.2931)
5	Karadurmuşlu-2	(53.9920 - 40.3563)	20	Kumlu-3	(54.8536 - 40.2898)
6	Torun	(53.9172 - 40.3496)	21	Akkerpiç-1	(54.7549 - 40.2866)
7	Baldıran-1	(54.5006 - 40.3614)	22	Akkerpiç-2	(54.6562 - 40.2833)
8	Baldıran-2	(54.4258 - 40.3547)	23	Akkuyu	(54.5575 - 40.2800)
9	Muratpaşa-1	(54.3511 - 40.3481)	24	Kumlu-4	(54.4588 - 40.2767)
10	Muratpaşa-2	(54.2763 - 40.3414)	25	Kumlu-5	(54.9716 - 40.2481)
11	Güventaş-1	(54.2016 - 40.3348)	26	Kumlu-6	(54.8717 - 40.2477)
12	Güventaş-2	(54.1268 - 40.3281)	27	Kumlu-7	(54.7718 - 40.2473)
13	Kangallar-1	(54.6923 - 40.3383)	28	Muharrem	(54.6719 - 40.2468)
14	Kangallar-1	(54.6174 - 40.3316)	29	Kırcaoğlu-1	(54.5720 - 40.2464)
15	Kangallar-1	(54.5425 - 40.3250)	30	Kırcaoğlu-2	(54.4721 - 40.2460)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırmada kullanılan toprak özelliklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular verilmiştir. Araştırma topraklarının pH içeriği 7.95 ile 8.43 arasında değişerek ortalama olarak 8.13 olup toprak örneklerinin pH'larının tamamının hafif alkaline özellikte olduğu görülmüştür. Benzer bir bölgede yapılan çalışmada Yalçın (2020b) toprakların pH içeriklerinin tamamının hafif alkaline özellikte olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Toprakların tuz içeriği % 0.009-0.115 arasında farklılık gösterirken ortalama olarak % 0.046 olup çalışma alanı topraklarının tüm profil boyunca hepsinin tuzsuz sınıfa ait oldukları bulunmuştur. Çalışma alanı tarım topraklarının sırasıyla kil, kum ve silt miktarları ortalama olarak % 43.31, % 21.61 ve % 15.28 bulunmuştur. Araştırma

topraklarının kireç içerikleri % 0.47-526.59 arasında değişirken ortalama % 13.86 kireç içeriği olup % 75'in üzerinde genellikle orta kireçli ile çok fazla kireçli topraklar olarak belirlenmiştir. Benzer bölgede yapılan bir çalışmada Gökçeoğlu ve Çimrin (2022) çalışma alanı topraklarının kireç içeriği yönünden fazla ve çok fazla kireçli sınıfında olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar göstermişlerdir. Topraklarının organik madde içeriği % 1.16-6.08 olarak belirlenirken ortalama organik madde % 2.60 olup toprakların % 78'in üzerinde az ve orta oranda organik madde içerdikleri belirlenmiştir. Aynı bölgede yapılan bir çalışmada, Özsayar ve Çimrin (2022) çalışma alanı topraklarının organik madde içeriklerini % 90'a yakınında az ve orta düzeyde belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir. Topraklarda katyon değişim kapasitesi (KDK) incelendiğinde; toprak örneklerinin 22.26-72.83 me 100 g⁻¹ olarak bulunmuş olup ortalama KDK içeriği ise

48.50 me 100 g⁻¹ olarak bulunmuştur (Yalçın, 2023b).

3.2. Toprak örneklerinin bazı besin elementi içerikleri

Araştırmada kullanılan toprak özelliklerinin bazı besin elementi özelliklerine ait bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Kadmiyum

Araştırma topraklarının kadmiyum içerikleri örneklerde en düşük 0.01 µg kg⁻¹ iken, en yüksek kadmiyum içeriği 0.06 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama kadmiyum içeriği 0.02 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.02 µg kg⁻¹ olup iki derinlikte ortalama olarak 0.02 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Akyıldız ve Karataş (2018) Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılmasını amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda çalışma alanlarının toprak içeriklerinin Cd içeriği birçok örnekte sınır değerler altında belirlenerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Ghazaryan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, Toprakta Agarak (RA) bakır-molibden maden kompleksi çevresindeki ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesini amaçladıkları çalışmada toprakların Cd yönünden düşük seviyelerde belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

Kobalt

Kırıkhan-Kumlu topraklarının alınabilir Cobalt içerikleri en düşük 0.02 µg kg⁻¹ iken, en yüksek 0.22 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki

ortalama cobalt içeriği 0.08 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ortalama ise 0.07 µg kg⁻¹ olup ortalama olarak 0.08 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Breus ve Yevtushenko (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, Ukrayna'nın bozkır topraklarındaki eser elementlerin ve ağır metal içeriğinin modellenmesini amaçladıkları çalışmada, toprakların Co içeriği yönünden sınır değerler altında belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Krom

Toprakların krom içeriği örneklerde en düşük 0,03 µg kg⁻¹ iken, en yüksek krom içeriği 0.77 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama krom içeriği 0.12 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0,07 µg kg⁻¹ olup iki derinlikte ortalama olarak 0.10 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Taş ve Demir (2022) Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve haritalanmasını amaçladıkları çalışma sonucunda toprakların Cr içeriği yönünde çok düşük seviyelerde olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Şahin ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin bazı bölgelerindeki tarım topraklarında krom seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada da, toprakların genel olarak düşük krom içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş olup yakın sonuçlar ortaya konmuştur.

Tablo 2. Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarının Cd, Co, Cr, Ni, Fe, Mo içerikleri

Toprak No	Derinlik	Cd $\mu\text{g/kg}$	Co $\mu\text{g/kg}$	Cr $\mu\text{g/kg}$	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Mo $\mu\text{g/kg}$	Bünye Sınıfı
1	0-20	0.06	0.04	0.04	4.11	9.95	0.01	C
	20-40	0.06	0.05	0.17	4.64	13.09	0.01	C
2	0-20	0.04	0.21	0.08	6.16	8.59	0.01	CL
	20-40	0.04	0.19	0.04	6.38	9.11	0.01	CL
3	0-20	0.05	0.14	0.04	4.11	9.74	0.03	C
	20-40	0.05	0.14	0.05	4.13	10.30	0.02	C
4	0-20	0.01	0.22	0.77	2.67	9.82	0.01	SCL
	20-40	0.01	0.20	0.09	2.63	10.07	0.02	SL
5	0-20	0.05	0.05	0.19	6.56	6.91	0.02	C
	20-40	0.05	0.03	0.11	6.48	6.36	0.06	C
6	0-20	0.03	0.11	0.08	3.58	8.60	0.01	CL
	20-40	0.03	0.10	0.07	3.51	7.71	0.01	SCL
7	0-20	0.02	0.16	0.69	2.09	8.78	0.06	C
	20-40	0.02	0.15	0.05	1.91	8.73	0.02	SiCL
8	0-20	0.02	0.08	0.06	1.46	8.48	0.05	SiCL
	20-40	0.02	0.09	0.09	1.60	8.97	0.04	CL
9	0-20	0.02	0.05	0.23	3.77	9.12	0.03	C
	20-40	0.02	0.05	0.04	4.06	9.36	0.02	C
10	0-20	0.01	0.07	0.05	1.83	10.97	0.03	CL
	20-40	0.01	0.06	0.14	1.56	9.87	0.02	CL
11	0-20	0.01	0.11	0.05	1.62	11.23	0.04	C
	20-40	0.01	0.12	0.05	1.66	11.51	0.03	C
12	0-20	0.01	0.08	0.07	1.75	8.02	0.02	C
	20-40	0.01	0.07	0.07	1.57	7.81	0.02	C
13	0-20	0.02	0.11	0.08	1.67	6.83	0.02	C
	20-40	0.02	0.08	0.10	1.51	7.57	0.23	C
14	0-20	0.02	0.04	0.06	1.64	9.23	0.06	C
	20-40	0.02	0.06	0.06	2.28	12.62	0.15	C
15	0-20	0.01	0.05	0.09	2.48	7.08	0.13	C
	20-40	0.02	0.04	0.04	2.79	7.30	0.07	C
16	0-20	0.02	0.02	0.04	0.84	5.24	0.01	C
	20-40	0.02	0.03	0.06	1.08	5.82	0.02	C
17	0-20	0.02	0.03	0.12	0.84	6.49	0.03	C
	20-40	0.02	0.03	0.12	0.85	7.20	0.03	C
18	0-20	0.02	0.05	0.11	0.88	6.07	0.02	SiCL
	20-40	0.02	0.05	0.11	0.89	7.44	0.03	SiCL
19	0-20	0.02	0.06	0.08	1.09	4.71	0.02	SiCL
	20-40	0.02	0.04	0.05	0.86	4.82	0.03	SiC
20	0-20	0.01	0.06	0.03	1.07	4.04	0.02	C
	20-40	0.01	0.05	0.06	1.05	4.21	0.02	CL

Nikel

Çalışma alanı tarım topraklarının bütününe değişebilir nikel içeriği en düşük 0.70 mg kg^{-1} iken, en yüksek 6.56 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama değişebilir Nikel içeriği 2.23 mg kg^{-1} iken

20-40 cm derinliklerde ise 2.22 mg kg^{-1} olup, her iki derinlikte ortalama 2.06 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Çığ ve ark., (2020) Van ili ve ilçelerinde buğday tarımı yapılan toprakların ağır metal içeriklerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışma

sonucunda toprakların Ni içeriğinin 0.04-4.25 mg kg⁻¹ değerleri arasında olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, Kırat ve Savcı (2023) Ulutaş köyü (Erzurum)

bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada toprakların Ni içeriği yönünden benzer sonuçlar belirlenmiştir.

Tablo 2. (Devam)

Toprak No	Derinlik	Cd µg/kg	Co µg/kg	Cr µg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Mo µg/kg	Bünye Sınıfı
21	0-20	0.02	0.03	0.07	0.90	8.31	0.03	C
	20-40	0.02	0.02	0.07	0.86	8.00	0.03	C
22	0-20	0.02	0.12	0.03	1.41	9.27	0.02	C
	20-40	0.02	0.06	0.09	1.06	8.60	0.03	C
23	0-20	0.02	0.07	0.07	1.32	7.99	0.05	C
	20-40	0.02	0.05	0.06	1.00	7.56	0.06	C
24	0-20	0.02	0.14	0.06	1.91	5.38	0.02	CL
	20-40	0.02	0.14	0.04	1.91	4.87	0.02	CL
25	0-20	0.01	0.04	0.07	1.14	9.57	0.02	C
	20-40	0.02	0.05	0.06	1.17	11.24	0.02	C
26	0-20	0.02	0.06	0.04	0.89	9.15	0.03	C
	20-40	0.02	0.04	0.05	0.74	9.41	0.02	C
27	0-20	0.02	0.08	0.19	1.20	9.51	0.03	C
	20-40	0.01	0.04	0.03	0.87	9.30	0.03	C
28	0-20	0.01	0.11	0.04	0.88	6.28	0.03	CL
	20-40	0.01	0.09	0.05	0.85	4.98	0.03	CL
29	0-20	0.02	0.06	0.04	0.87	6.59	0.03	CL
	20-40	0.02	0.07	0.06	1.18	6.29	0.02	C
30	0-20	0.02	0.03	0.05	0.80	5.39	0.02	C
	20-40	0.02	0.03	0.04	0.70	5.56	0.02	C
Min		0.01	0.02	0.03	0.70	4.04	0.01	
Max		0.06	0.22	0.77	6.56	13.09	0.23	
Ort. (Av.)	0-20	0.02	0.08	0.12	2.23	7.91	0.03	
Ort. (Av.)	20-40	0.02	0.07	0.07	2.22	8.19	0.04	
	Ort. (Av.)	0.02	0.08	0.10	2.06	8.05	0.03	

Demir

Çalışma alanının topraklarının alınabilir demir içerikleri örneklerde en düşük 4.04 mg kg⁻¹ iken, en yüksek demir içeriği 13.09 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması demir içeriği 7.91 mg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 8.19 mg kg⁻¹ olup her iki derinliğin ortalaması olarak 8.05 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Toprakların alınabilir demir içerikleri Viets ve Lindsay (1973)'in sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında topraklarda demir noksanlığına rastlanmadığı görülmüş olup örneklerin % 3.33'ü yeterli (2.5-4.5 mg kg⁻¹) ve % 96.67'si ise alınabilir demir açısından fazla (>4.5 mg kg⁻¹) durumda olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Benzer bir çalışmada, Alkayın ve Yıldız (2023) Doğu Karadeniz yöresinde üretilen bazı çayların

mineral beslenme durumunu belirledikleri çalışma sonucunda toprakların Fe içeriğinin % 93 oranında yüksek ve yeterli düzeyde belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı bölgede yapılan bir çalışmada Yalçın ve Çimrin (2021) Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkilerinin belirlendiği çalışmada toprakların Fe içeriği değerlerini 2.80-15.09 mg kg⁻¹ olarak belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Molibden

Kırıkhan-Kumlu alanı topraklarının alınabilir molibden içeriği örneklerde en düşük 0.01 µg kg⁻¹ iken, en yüksek molibden 0.23 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması molibden içeriği

0.03 $\mu\text{g kg}^{-1}$ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.04 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olup her iki derinliğin ortalaması olarak 0.03 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının hepsinin alınabilir molibden içerikleri Viets ve Lindsay (1973)'e göre yeterli düzeyde (>1 ppm) olduğu görülmüştür (Tablo 2). Aynı bölgede yapılan bir çalışmada, Yalçın ve Çimrin (2019) Kırıkhan-Reyhanlı çayır mera toprakların molibden içeriği yönünden yapılan çalışma ile benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Hamid ve ark. (2022) İran'ın güneybatısındaki kıyı topraklarında ağır metallerin (eser elementler) potansiyel ekolojik risk değerlendirmesinin amaçlandığı çalışmada toprakların Mo içeriği yönünden düşük değerler belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

3.3. Alınabilir molibden içeriği ile diğer bazı toprak ağır metal özellikleri arasındaki ilişkiler

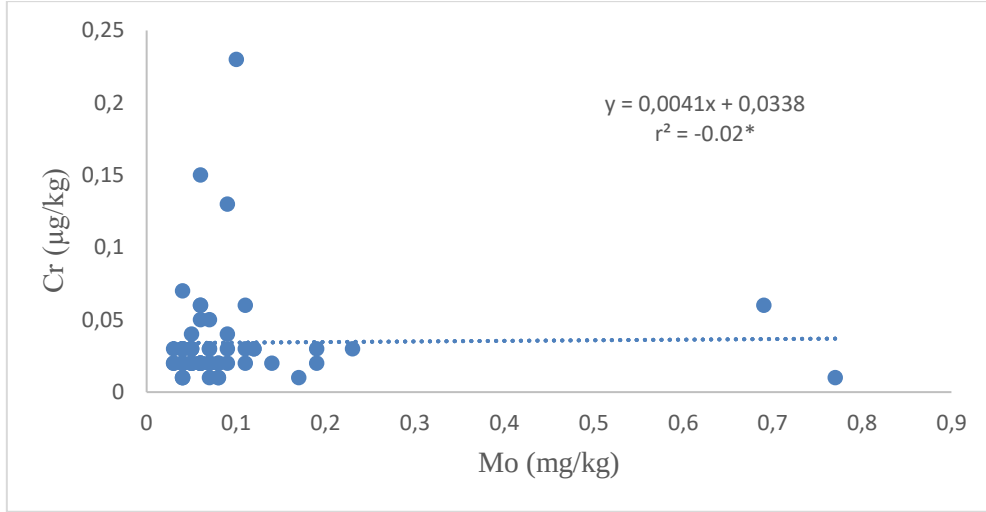
Araştırma konusu toprakların ağır metal içerikleri ile alınabilir molibden arasındaki ilişkiler Tablo 3'de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılabacağı gibi toprakların Mo ile Cr ($r: -0.02^*$; Şekil 2) içerikleri arasında negatif önemli ilişki

belirlenmiştir. Yu ve ark., (2018) tarafından yapılan bir çalışma, Mo, Co, Ni ve Cr gibi elementlerin topraklardaki ilişkilerini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda, Mo ile Cr arasında negatif korelasyon gösterdiği belirlenerek benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Ayrıca toprakların Cd içeriği ile Ni ($r: 0.74^{**}$) içerikleri arasında oldukça önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Arıkan ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Cd ile Ni arasında pozitif ilişkiler olduğunu belirlenmiş olup benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Toprakların Co içeriği ile Cr ($r: 0.36^{**}$) ve Ni ($r: 0.37^{**}$) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Karaca ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Co ile Ni arasında pozitif ilişkiler belirlenmiş ve çalışma sonuçlarını yakın bulgular gösterilmiştir. Bununla birlikte Ni içeriği ile Fe ($r: 0.28^{**}$) içeriği arasında önemli pozitif ilişkiye belirlenmiştir. Canlı ve ark., (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Ni ile Fe arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirlenerek paralel sonuçlar ortaya konmuştur.

Tablo 3. Kırıkhan-Kumlu topraklarının molibden ile bazı toprak ağır metal içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları (r)

	Mo	Cd	Co	Cr	Ni
Cd $\mu\text{g/kg}$	-0.12				
Co $\mu\text{g/kg}$	-0.13	0.06			
Cr $\mu\text{g/kg}$	-0.02*	-0.03	0.36**		
Ni mg/kg	-0.07	0.74**	0.37**	0.13	
Fe mg/kg	0.08	0.20	0.23	0.15	0.28*

* 0.05 düzeyinde önemli, *** 0.001 düzeyinde önemli



Şekil 2. Toprak örneklerinin yarıyışlı Mo ile Cr içerikleri arasındaki ilişki

4. Sonuç ve Öneriler

Kırıkhan-Kumlu bölgesindeki toprakların molibden içeriği incelenmiş ve bazı ağır metal konsantrasyonlarıyla ilişkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen veriler, Türkiye ve dünya genelinde belirlenmiş olan toprakta izin verilen ağır metal sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, çalışma alanındaki topraklarda ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu ağır metal kirliliğinin insan sağlığına olan potansiyel zararının minimum düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma bölgesindeki tarım topraklarında insan ve hayvan sağlığı açısından zararlı seviyelere ulaşmayan ağır metal içeriklerinin belirlenmiş sınır değerlerin üzerine çıkmaması için gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Özellikle, çalışma alanına yakın konumlanmış sanayi ve endüstri bölgelerindeki işletmelerin ve fabrikaların sıkı denetimlerden geçirilmesi gereklidir.

Kaynaklar

Akyıldız, M., Karataş, B., 2018. Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2): 199-214.

Alkayın, M., Yıldız, N., 2023. Doğu karadeniz yöresinde üretilen bazı çayların mineral beslenme durumunun değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 50: 162-170.

Arıkan, B., Çakmakçı, G., Akıncı, İ.E., Güler, C., 2019. Gaziantep ili tarım topraklarında ağır metal kirliliği ve bitki-gübre toprak ilişkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3): 365-374.

Barceloux, D.G., 1999. Molybdenum. *Journal Toxicol Clin Toxicol*, 37(2): 231-237.

Bouyoucos, G.J., 1952. A Recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.

Breus, D., Yevtushenko, O., 2022. Modeling of trace elements and heavy metals content in the steppe soils of ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2): 159-165.

Canlı, S., Şener, E., Özbek, M., 2020. Determination of heavy metal content in some soils used for agricultural purposes in Trabzon province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(5): 1087-1091.

Çığ, F., Sönmez, F., Erman, M., 2020. Van merkez ve ilçelerinde buğday ve yetiştiriciliği yapılan alanların ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 4(1): 113-124.

- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma deneme metotları (istatistik metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1021. Ankara, 381s.
- Ghazaryan, K.A., Movsesyan, H.S., Ghazaryan, N.P., Shalunts, S.V., 2016. Assessment of heavy metal contamination of soils around agarak (ra) copper-molybdenum mine complex. *Chemistry and Biology*, 1: 34-42.
- Gökçeoğlu, K., Çimrin, K.M., 2022. Hatay Altınözü ilçesi zeytin (*Olea europaea* L.) ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 680-697.
- Hamid, E., Payandeh, K., Nezhad, M.T.K., Saadati, N., 2022. İran'ın güneybatısındaki kıyı topraklarında ağır metallerin (eser elementler) potansiyel ekolojik risk değerlendirmesi. *Frontiers Public Health*, 10: 1-18.
- Horneck, D.A., Hart, J.M., Topper, K., Koepsell, B., 1989. Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University. P 1-21. Agr. Exp. Sta. Oregon, USA.
- Karaca, A., Başkaya, H. S., Ay, Y., Güngör, A., Arslan, M., 2020. An investigation of the relationship between heavy metal contents of soils and crops in Mardin Province, Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(2): 251-260.
- Kırat, G., Savcı, S., 2023. Ulutaş köyü (Erzurum) bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(2): 223-233.
- Küçük, C., Karaoğlu M., 2021. Iğdır ili 080 devlet karayolu boyunca tarım topraklarında ağır metal kirliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25: 325-333.
- Lindsay, W.L., Norwel, W.A., 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- İpek, H., 2003. Molibden. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 14 (1):73- 76.
- McDowell, L.R., 1992. Copper and molybdenum minerals in animal and human nutrition. 176- 204.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum. methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 191- 197.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic matter methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy, No: 9 Part 2. Edition P: 574- 579.
- Özay C., Mammadov R., 2013, Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, Cilt 15(1) 67-76.
- Özsayar, M.M., Çimrin, K.M., 2022. Hatay ili Hassa ilçesi zeytin ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 6(1): 42-57.
- Rhoades, J.D., 1982. Cation exchange capacity methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy, No: 9 Part 2. Edition P: 149- 157.
- Seven, T., Can, B., Darende, B.N., Ocak, S., 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2): 91-103.
- Şahin, Ü., Aydın, M., Yılmaz, V., 2013. Türkiye'nin bazı tarım topraklarında krom seviyeleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1): 33-40.
- Tacıroğlu B., Kara E., Sak T., 2016. Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 19(2): 201-207.
- Taş, R., Demir, Y., 2022. Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve haritalanması. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi* 18(2): 296-315.

- Yu, X., Sun, B., Zhou, J., Wang, Y., 2018. Distribution and relationship of molybdenum, cobalt, nickel and chromium in typical Chinese soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8): 7970-7979.
- Viets, F.G., Lindsay, W.L., 1973. Testing soils for zinc. Copper. Managanese and iron. Soil Soc. Of Amer. Inc. Madison Wisconsin USA. 153-172.
- Yalçın, M., 2020a. Spatial distribution of heavy metals in common soil groups of siverek district in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29: 7284-7293.
- Yalçın, M., 2020b. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı tarım topraklarının pH, kireç, organik madde ve KDK içeriklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3): 623-634.
- Yalçın, M., Çimrin, K.M., 2021. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(4): 773-785.
- Yalçın, M., 2023a. Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden içeriği ve topraktaki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin belirlenmesi. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2):63-72.
- Yalçın, M., 2023b. Determination of useful boron content of the soils of Kırıkhan-Kumlu region of Hatay province and their relationship with some soil properties. *Eurasian Journal of Forest Science*, 11(2): 54-65.
- Yurdakul, İ., Kalınbacak, K., Altınkaynak, D., Peker, R.M., 2023. Molibden ve arseniğin tarla koşullarında buğday bitkisinin verimine ve toksikliğine etkilerinin belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 25-34.

Atıf Şekli: Yalçın, M., 2024. Kırıkhan-Kumlu Bölgesi Topraklarının Molibden İçeriği ve Topraktaki Bazı Ağır Metaller ile İlişkilerinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 230–240.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11616673>.

To Cite: Yalçın, M., 2024. Determination of Molybdenum Content of Soils of Kirikhan-Kumlu Region and Relationships with Some Heavy Metals in Soil. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 230–240.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11616673>.

Harran Ovası'nda Tarla Ölçeğinde Toprak Fiziksel Özelliklerinin Mekânsal DeğişkenliğiMerve DURMAZ ¹, Hikmet GÜNAL ^{1*}, Mesut BUDAK ², İsmail ÇELİK ³¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa² Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana*Sorumlu yazar (Corresponding author): hikmetgunal@harran.edu.tr**Geliş Tarihi (Received):** 15.01.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 25.02.2024**Özet**

Bu çalışma, Harran Ovası'nda küçük bir tarla ölçeğinde (12 dekar) yüzey ve yüzey altı toprakların fiziksel özelliklerinin mekânsal dağılımını modellemek, örneklenmeyen noktalardaki değerleri tahmin etmek ve haritalandırmak amacı ile yapılmıştır. Modelleme, tahmin ve haritalamada jeostatistiksel yöntemler ve haritalama teknikleri kullanılmıştır. Aynı zamanda bir deneme alanı olan çalışma alanında 54 ayrı noktada 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin tekstürü, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği (YSİ), su dolu gözenek hacmi (SDGH) ve toplam gözenekliliği belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının kil içerikleri % 52 ile % 69 arasında değişmektedir. En yüksek kil içeriği, çalışma alanının batı bölümünde ve yer yer kuzey sınırında görülmektedir. İlk 20 cm derinlikte agregat stabilitesi değerleri % 11 ile % 50 arasında, hacim ağırlığı değerleri 1.08 g cm⁻³ ile 1.48 g cm⁻³ arasında ve YSİ değerleri ise % 3.8 ile % 13.6 arasında değişmektedir. Çalışma alanının güney-batı bölümünde SDGH değerleri % 60'ın altında iken geri kalan alanın nerede ise tamamında %60'ın üzerindedir. Hem yüzey hem de yüzey altı topraklarında kil ve silt içeriği, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi nem içeriği ve SDGH'ine ait değişkenlik (VK<%15) oldukça düşüktür. Bu durum, bu özelliklerin çalışma alanı genelinde nispeten homojen olduğunu göstermektedir. Hem 0-10 cm hem de 10-20 cm derinliklerde toplam gözeneklilik ve mikro gözeneklilik VK değerleri oldukça düşüktür. Bu durum, çalışma alanı topraklarının su ve besin elementlerini tutma ve depolama yeteneğinin her iki derinlikte de homojen olduğunu gösterir. Elde edilen bilgiler, tarla yönetimi ve toprak koruma uygulamalarının optimize edilmesine ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Toprak fiziksel özellikleri, jeostatistik, kil, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı**Field Scale Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Harran Plain****Abstract**

This study aimed to model the spatial distribution of surface and subsurface soil physical properties at a small field scale (12 hectares) in the Harran Plain, to estimate and map values at unsampled points. Geostatistical methods and mapping techniques were used for modeling, estimation, and mapping. Soil samples were collected at 54 separate points in the study area, representing disturbed and undisturbed samples from depths of 0-10 cm and 10-20 cm. Soil samples were analyzed for texture, aggregate stability, bulk density, available water content (AWC), water filled pore space (WFPS), and total porosity. The clay content of the study area soils ranged from 52 % to 69%, with the highest clay content observed in the western part and sporadically along the northern boundary. Aggregate stability values ranged from 11 % to 50 % in the top 20 cm depth, bulk density values ranged from 1.08 g cm⁻³ to 1.48 g cm⁻³, and AWC values ranged from 3.8 % to 13.6 %. While WFPS values in the southwest part of the study area were below 60%, they were above 60% in almost all other areas. Both surface and subsurface soils exhibited relatively low variability (CV<15 %) in clay and silt content, bulk density, field capacity moisture content, and WFPS, indicating relative homogeneity across the study area for these properties. Total porosity and microporosity CV values were also low at both 0-10 cm and 10-20 cm depths, indicating homogeneity in the water and nutrient retention and storage capacity of the study area soils at both depths. The information obtained will contribute to the optimization of field management and soil conservation practices, enhancing the sustainability of agricultural production.

Keywords: Soil physical properties, geostatistics, clay, aggregate stability, bulk density

1.Giriş

Toprak, yeryüzünün üst tabakasında yer alan, mineral parçacıklar, organik madde, su, hava ve canlı organizmalardan meydana gelen gevşek yapılı doğal ve dinamik bir varlıktır. Suyun infiltrasyonu, biyoçeşitliliğin desteklenmesi, karbon depolama ve çeşitli ekosistem hizmetlerinin sağlanması gibi önemli fonksiyonları yerine getiren toprak (Bone ve ark., 2010), sürekli artan dünya nüfusunun, artan gıda ve lif gereksinimini karşılamak için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Toprakların yoğun kullanımı ile ortaya çıkan toprak bozulması, dünyanın birçok yerinde toprağın doğal olarak sahip olduğu fonksiyonları yeterince yerine getirmesini imkânsız hale getirmiştir. Bu nedenle, toprakların daha uzun yıllar insan ve hayvan refahı için sahip oldukları fonksiyonları yerine getirebilmesi için kalitesinin korunması ve zaman içerisinde iyileştirilmesi yeryüzündeki her canlıyı ilgilendiren önemli bir konudur (Günel ve Budak, 2022b).

Topraklar, ana materyal, topografya ve iklim gibi genetik ve toprak işleme, gübreleme ve sulama gibi dinamik faktörlerin etkisi ile çok kısa mesafelerden uzun mesafelere değin farklı ölçeklerde değişkenlik gösteren bir yapıya sahiptir (Mulla ve McBratney, 2001; İnci ve ark., 2023). Toprakların değişkenliğine etki eden bu faktörler, mekânsal ve zamansal ölçeklerde birbirleriyle etkileşime girer ve erozyon ve birikme süreçleri ile yerel olarak daha da değiştirilirler (Iqbal ve ark., 2005). Toprak bozulmasını önlemek ve toprak verimliliğini (toprak kalitesini) artırmak için gerekli olan sürdürülebilir toprak yönetim uygulamalarının belirlenmesi, toprak özelliklerinin uygun bir şekilde anlaşılmasıyla gerçekleştirilebilir. Toprak özelliklerinin farklı ölçeklerdeki mekânsal değişkenliği nedeniyle, tarım arazilerinin tek bir birim şeklinde yönetilmesi, yüksek besin içeriğine sahip alanlarda girdi uygulamalarının aşırı kullanılmasına ve düşük besin içeriğine sahip alanlarda

yetersiz girdi uygulamalarına neden olarak toprak bozulmasına yol açabilmektedir (Boruvka ve ark., 2002).

Toprak parçacık büyüklük dağılımı (bünye), toprakların neredeyse tüm diğer özelliklerini yöneten en önemli fiziksel toprak özeliğidir. Toprak parçacık büyüklük dağılımı toprak suyu, bitki büyümesi, yıkanma ve erozyon gibi çeşitli süreçleri kontrol etmektedir (Adhikari ve ark., 2009). Toprak tekstürü ve toprak suyunun zamansal ve mekânsal değişkenliği, aynı arazi içinde dahi olsa toprak kalitesinde yapısal farklılıklara yol açabilmektedir. Bu nedenle, tarım arazilerinin verimliliği, tarla ölçeğinde değişen toprak özellikleri ile yakından ilişkilidir. Toplam genişliği 200 x 50 m (10 dekar) olan bir arazide toprak özelliklerinin ve farklı yıllarda yetiştirilen yulaf, çavdar, yulaf ve tritikalenin veriminin tarla içi değişimini inceleyen (Usowicz ve Lipiec, 2017), tahıl verimlerinin, üst toprakta su içeriği, kil içeriği ve alt toprakta organik karbon ve katyon değişim kapasitesi ile önemli düzeyde pozitif ilişkisinin, buna karşın hacim ağırlığı ile negatif ilişkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Tarla içi toprak özelliklerinin değişkenliğinin, mısır hibritlerinin silaj verimini önemli ölçüde etkilediğini belirten Birol ve Günel (2022) tarlanın bazı bölgelerindeki yüksek silt içeriğinin, yüzey kabuğu oluşumuna neden olduğu ve mısır tohumlarının homojen çimlenmesini engellediğini bildirmişlerdir.

Ülkemizde çoğu bölgede olduğu gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde de pamuk tarımının yaygın olarak pulluk ile toprak işleme yöntemleri kullanılarak mono kültür şeklinde devam etmesi, bölgedeki tarım uygulamaları ve sürdürülebilirlik açısından bazı zorluklara neden olabilir. Bundan dolayı üretici aşırı gübre ve pestisit kullanmak zorunda kalmaktadır. 2015 yılında yapılan bir çalışmada, Harran Ovası'nda pamuk tarımının yapıldığı toprakların, aşırı toprak işleme ve az artık bırakma uygulamaları nedeniyle en düşük toprak kalite indekslerine sahip olduğu

bildirilmiştir (Bilgili ve ark., 2015). Türkiye için son derece önemli olan tarım arazilerinin korunması, gelecek yıllarda da ülkenin ihtiyacı olan gıda ve lifin üretilmesi başta olmak üzere çeşitli ekosistem hizmetlerinin sunumunun devam ettirilmesi için bir zorunluluktur. Toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını daha iyi anlamak, toprak erozyonu, tuzlanma ve kirlilik gibi sorunları yönetmek ve sürdürülebilir toprak kullanımı uygulamaları geliştirmek için kritik önem taşır (Abakay ve Günel, 2023). Bu kapsamda, jeostatistik, mekânsal değişkenliği karakterize etme ve nicelendirme, bu bilgileri rasyonel interpolasyon için kullanma ve interpolasyon sonuçlarının değişkenliğini tahmin etme konusunda güçlü araçlar sunmaktadır (AbdelRahman ve ark., 2021; Sırrı ve ark., 2023; Budak ve ark., 2023). Varyans tahmini, belirli bir hassasiyetle bir özelliği tahmin etmek için gerekli olan örnekleme yoğunluğu ve konfigürasyonu hakkında kritik bilgiler sağlayarak örnekleme optimizasyonuna yardımcı olur. Bu nedenle jeostatistik, örnekleme yapılmamış alanlarda veya seyrek örnekleme sahip bölgelerde toprak özelliklerine ait değerleri tahmin etmek için kullanılan ideal bir teknolojidir. Jeostatistik kullanımı, sahadan daha az veri toplama ve analiz etme ihtiyacı duyularak zamandan ve maliyetten tasarruf sağlar (Trangmar ve ark., 1986).

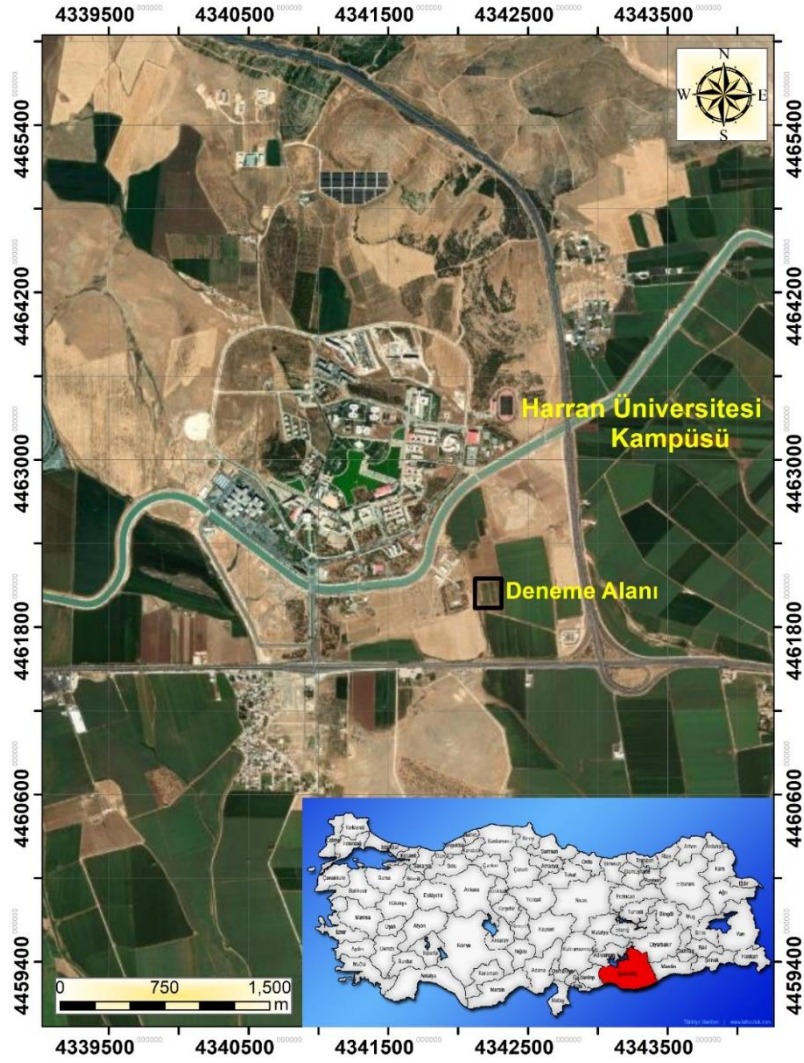
Bu çalışmanın amacı, küçük bir tarla ölçeğinde (12 dekar), yüzey (0-10 cm) ve yüzey altı (10-20 cm) topraklarına ait fiziksel özelliklerin mekânsal dağılımının

modellenmesi, tahmin edilmesi ve haritalandırılmasıdır. Bu çalışma ile ulaşılmak istenen, tarla içerisindeki toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini belirleyerek, tarımsal verimliliği artırmak amacıyla uygun toprak yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktır. Ayrıca, elde edilen veriler ışığında, hassas tarım uygulamalarının optimize edilmesi, kaynak kullanımının verimli hale getirilmesi ve toprak kalitesinin sürdürülebilir bir şekilde korunması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, çalışma sonuçlarının bölgesel tarım faaliyetlerinde bilgiye dayalı karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

2. Materyal ve Yöntemler

2.1. Materyal

Çalışma alanı, Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Araştırma ve Uygulama arazilerinde yer alan toplam 12 da genişliğindeki bir deneme alanıdır (Şekil 1). Harran Ovasının kuzey doğusunda yer alan deneme alanı toprakları Eosen-Miyosen yaşlı kolüvyal kireçtaşı ana materyali üzerinde oluşmuştur. Eğimin hafif olduğu yerlerde derin ve orta derin profile sahiptirler. Çalışma alanının da içinde bulunduğu bölge toprakları, kuvvetli strüktür gelişimi göstermektedir. Sarımsı kahverengiden kırmızı kahverengiye kadar değişen renklerde bulunan topraklar çoğunlukla kil tekstürlüdür. Su tutma kapasiteleri yüksek, hidrolik iletkenlikleri orta düzeydedir (Gündoğan, 2023).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

2.1.1. Çalışma alanının iklimi

Şanlıurfa, Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan ve Akdeniz ikliminin etkisiyle genellikle kurak ve yarı kurak iklim tiplerine sahip bir şehirdir. Bu iklim tipi, sıcak ve kurak yazlar ile nispeten yağışlı ve ılıman kışlar ile karakterizedir. Yaz aylarında Şanlıurfa adeta bir "ateş topu" haline gelir. Ortalama sıcaklıklar 30°C 'nin üzerine çıkarak oldukça bunaltıcı ve kurak bir hava hâkim olur. Temmuz ayı en sıcak ay olarak öne çıkar ve ortalama sıcaklık 32°C 'ye kadar yükselir (Tablo 1). Bu dönemde serinlemek oldukça zordur ve güneş ışınları kavurucu etkisini gösterir. Kış aylarında ise Şanlıurfa'da ılık bir hava hâkim olur. Ortalama sıcaklıklar 10°C 'nin üzerinde seyrederek ve yağış miktarı artar. Aralık ayı

en yağışlı ay olarak bilinir ve bu dönemde kar yağışı da görülebilir. Kış mevsimi, yaz aylarına nazaran daha sakin ve huzurlu bir atmosfer sunar. Şanlıurfa'da yağışlar genellikle kış aylarında yoğunlaşır. Yıllık ortalama yağış miktarı 460.4 mm 'dir. En yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Temmuz'dur. Sıcaklık ise kuzeyden güneye doğru artış gösterir. Düşük yağış ve yüksek buharlaşma tarım arazilerinde önemli miktarda su sorunun oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum, tarım ve su kaynaklarının yönetimi açısından önemli bir sorundur. Şehirdeki nispi nem oranı ortalama $\% 48$ 'dir. Rüzgâr hızı ise 2.8 m sn^{-1} olarak ölçülmüştür. Donlu ve karlı günlerin sayısı oldukça azdır ve genellikle 10 günü geçmez (MGM, 2024)

Tablo 1. Şanlıurfa ili uzun yıllara (1929-2023) ait ortalama iklim verileri

	Oca	Şub	Ma	Nis	M	Ha	Te	Ağ	Ey	Ek	Kas	Ara	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929-2023)													
Ort. Sıcaklık (°C)	5.6	7.1	10.9	16.3	22.3	28.1	32.0	31.6	27.2	20.6	13.2	7.6	18.5
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.0	12.0	16.4	22.4	28.8	34.7	38.8	38.4	34.0	27.1	18.8	12.1	24.5
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	2.1	2.9	5.8	10.3	15.3	20.6	24.3	24.0	20.1	14.6	8.5	4.1	12.7
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	4.1	5.1	6.4	7.8	10.0	12.1	12.3	11.3	10.0	7.9	5.8	4.0	8.1
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	11.86	10.35	10.47	8.75	6.08	1.37	0.30	0.24	0.78	4.74	7.45	10.75	73.1
Aylık Ort. Toplam Yağış (mm)	86.3	68.1	65.3	48.9	27.0	4.3	2.0	3.5	4.6	25.6	45.2	79.6	460.4
Ölçüm Periyodu (1929-2023)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	21.6	25.5	29.5	36.4	40.4	44.1	46.8	46.2	43.9	37.8	30.8	26.0	46.8
En Düşük Sıc (°C)	-10.6	-12.4	-7.3	-3.2	2.5	8.3	15.0	16.0	10.0	1.9	-6.0	-6.4	-12.4

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme

Toprak örnekleme, 0-10 ve 10-20 cm derinliklerden alınmıştır. Deneme alanı 3 farklı toprak işlemenin 3 farklı rotasyonda uygulanması için oluşturulmuştur. Denemede her uygulama 3 tekerrürlü olarak yer aldığından alanda toplam her biri 360 m² olan 27 parsel yer almıştır. Bu çalışma için, her parselde iki farklı noktada bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve örnek yerlerine ait koordinatlar kaydedilmiştir. Örnekleme her parselin doğu-batı istikametinde ikinci ve yirmi sekizinci metrelerinden örnekler alınmıştır. Kuzey-güney istikametinde ise on iki metre genişliğinde olan parsellerin tam orta noktasından örnekler alınmıştır.

Deneme alanından toplam 27 parsel x 2 derinlik x 2 noktadan olmak üzere 108 toprak örneği alınmıştır. Aynı noktalarda hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi nem içeriğini belirlemek amacı ile 3 adet 100 cm³'lük silindirler ile bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Buna göre, toplam bozulmamış örnek sayısı 27x2x3=162 adet olmuştur.

2.2.2. Toprak analizleri

Bu çalışmada toprağın fonksiyon göstermesinde etkili olan genetik özellik (toprak tekstürü) ve uygulamalar ile kısa sürede değişme potansiyeli gösteren fiziksel toprak özellikleri seçilmiştir. Bu özelliklere ait analiz yöntemleri ve referanslar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Proje kapsamında yapılacak analizler, yöntemler ve referanslar

	Analiz İsmi	Derinlik (cm)	Kullanılan Metot
1	Toprak tekstürü	0-10, 10-20	Bouyoucos hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1962)
2	Hacim ağırlığı	0-10, 10-20	Bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986)
3	Tarla Kapasitesi, Solma Noktası	0-10, 10-20	Basınçlı plakalar sistemi ile yapılmıştır (Klute, 1986)
4	Yarayılı Su İçeriği	0-10, 10-20	Tarla kapasitesinde nem içeriğinden solma noktasındaki nem içeriğinin çıkarılması ile (Klute, 1986)
5	Su ile dolu gözenek hacmi	0-10, 10-20	Hacimsel su içeriğinin toplam gözenekliliğe oranı (Linn ve Doran, 1984)
6	Makro, mikro ve toplam gözeneklilik	0-10, 10-20	Bozulmamış örneklerde (Danielson ve Sutherland, 1986).
7	Agregat stabilitesi	0-10, 10-20	Islak eleme yöntemine göre (Kemper ve Rosenau, 1986)

2.2.3. Mekânsal değişkenliğin analizi ve haritalanması

Ölçülen toprak özelliklerinin mekânsal yapısını incelemek için, belirli bir vektörle ayrılmış veriler arasındaki ortalama farklılığın ölçülmesiyle jeoistatistik analiz yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Mekânsal bağımlılık ölçeği, h aralığı vektörüyle ayrılmış veriler arasındaki kare farklılıkların yarısının ortalaması, z özelliği için h uzaklıkta ayrılan örnek noktalarının sayısı r ile hesaplanmıştır. Jeostatistiksel analize başlamadan önce, veri setinde normal dağılımı ve varsa aykırı değerleri test etmek için veri analizi yapılmıştır. Tüm veriler, farklı birimlere sahip değişkenler arasında karşılaştırma yapabilmek için optimize edilerek standart hale getirilmiştir.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} + \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Eşitlikte; $\gamma(h)$, Lag aralık mesafesindeki yarı-variogram değeri, $N(h)$, Lag aralık mesafesindeki örnekleme çiftlerinin sayısı, $Z(x_i)$, x_i mekânsal konumundaki örnek değeri, $Z(x_i + h)$, $x_i + h$ mekânsal konumundaki örnek değeri, ve h ise Lag aralık mesafesini göstermektedir. Aralık mesafesi, örnek noktaları arasındaki değişkenliğin en yüksek olduğu örnekleme noktaları arasındaki mesafeyi tanımlamaktadır. Araştırmada, toprak özelliklerinin bilinmeyen noktalardaki değerlerini tahmin etmek için ArcGIS 10 (ESRI, Redlands, California) yazılımında kriging yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, mekansal bağımlılıkları göz önünde bulundurarak toprak özelliklerinin karmaşık dağılımlarını modellemede oldukça etkilidir. Kriging yöntemi, yarı-variogram modelleri ve Ordiner Kriging (OK) interpolasyon tekniği gibi farklı bileşenlerden oluşmaktadır. İlk adımda, veri kümesinin istatistiksel özellikleri analiz edilir ve uygun bir yarı-variogram modeli seçilir. Bu analizler kapsamında ham verilerin histogramı, normal dağılımı, veri deseni, yarı-variogram bulutu ve köprü bulutu incelenmiştir. Literatürde de

Optimal örnekleme mesafelerini belirlemek için hesaplanan yarı-variogramların aralıkları kullanılmıştır. Yarı-variogram modelleri, mekânsal ilişkileri karakterize eden matematiksel fonksiyonların bir koleksiyonundan seçilmiş ve ardından krigleme interpolasyon yönteminde kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yarı-variogramların oluşturulmasında Eşitlik 1 kullanılmıştır. Yarı-variogram değeri, $\gamma(h)$, lag aralık mesafesindeki gözlem çiftleri arasındaki ortalama varyansı ifade etmektedir. Bu değer, mekânsal bağımlılıkların karakterize edilmesinde ve kriging yönteminde kullanılan yarı-variogram modelinin parametrelerinin tahmininde kullanılır.

Eşitlik 1.

belirtildiği gibi, kriging yöntemleri veri yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olduğunda en etkili sonuçları vermektedir (Oliver ve Webster, 2014). Daha sonra, OK interpolasyon tekniği, örneğin alınmayan bölgeler için toprak özellik değerlerini tahmin etmek için kullanılır. OK yöntemi, basitliği ve doğruluğu nedeniyle diğer Krigleme yöntemlerine kıyasla tercih edilmiştir. Ordinary Kriging, deneysel yarı-variogramlardaki değerlere matematiksel modellerin ilk olarak uygun şekilde uydurulduğu ve ardından modelin örnekleme noktalarında sürekli toprak özelliklerinin değerlerini öngörmek için kullanıldığı bir mekansal interpolasyon yöntemidir. Bu modelleri kullanarak, kriging örnekleme noktalarının mekansal düzenlemesini dikkate alarak farklı ağırlıklar vermektedir. Tahmin edilmek istenen konuma daha yakın olan noktalara, daha uzak noktalardan daha büyük ağırlıklar atanmaktadır (Goovaerts, 1998). Kriging işleminin hesaplanmasında Eşitlik 2 kullanılmıştır. Bu denklem, tahmini hesaplamak için kullanılan parametreleri ve ağırlık matrisini içermektedir.

$$Z(x_0) = \sum [\lambda_i * Z(x_i)]^*$$

Eşitlik 2

Kriging yönteminde, $Z(x_0)$ olarak gösterilen, herhangi bir örneğin tahmini değeri, seçilen bir yakınlıktaki veri noktalarının (x_i) değerleri ve bu değerlerin ağırlıkları kullanılarak hesaplanır. Bu ağırlıklar, λ_i ile gösterilir ve n , interpolasyon için aranan yakınlık içindeki konum sayısını belirtmektedir (Oliver ve Webster, 2014). Kriging yönteminin etkili şekilde uygulanabilmesi için verilerin normal dağılıma sahip olması ve eşit varyans hipotezinin karşılanması önemlidir. Bu amaçla, veri dönüşümleri uygulanarak verilerin bu kriterlere uygun hale getirilmesi gerekir. Bu çalışmada, verilerin normal dağılımına ne kadar yakın olduğunu değerlendirmek amacı ile verilere ait çarpıklık değerleri kullanılmıştır. Webster (2001), verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için çarpıklık katsayısının incelenmesinin yeterli olacağını bildirmiştir. Çarpıklık değeri 0.5'ten küçükse, veriye dönüşüm uygulanmasına gerek olmadığı belirtilmiştir. Normal dağılımdan uzak olan verilerin daha normal dağılımlı hale gelmesi için logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Bu dönüşüm, özellikle çok fazla çarpıklık ve aykırı değer içeren veri setleri için faydalı olmuştur. Çalışmada, test edilen yarı-variogram modelleri, çapraz doğrulama yöntemi ve R^2 ve RSS değerleri gibi istatistiksel ölçütler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çapraz doğrulama, farklı modellerin performanslarını karşılaştırmak ve en iyi modeli seçmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Çapraz doğrulamada, veri kümesi birden fazla alt kümeye bölünür ve her alt küme sırayla hem eğitim hem de test veri kümesi olarak kullanılır. Bu sayede, her modelin bilinmeyen veriler üzerinde ne kadar iyi performans gösterdiği değerlendirilebilmiştir. Yarı-variogram modelleri, R^2 ve RSS gibi istatistiksel ölçütler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Modelin tahminlerinde ne kadar varyasyonun açıklanabildiği R^2 değerinin

hesaplanması ile belirlenmiştir. Bu değer 1'e yaklaşması, model performansının çok daha iyi olduğunu göstermektedir. Artıkların karelerinin toplamı (RSS), aynı zamanda karelerin toplamı (SSR) veya hata tahminlerinin karelerinin toplamı (SSE) olarak da bilinir ve verilerin gerçek deneysel değerlerinden tahmin edilen değerlere olan sapmaların karelerinin toplamını ifade eder. Bu, verilerle bir doğrusal regresyon gibi bir tahmin modeli ile yapılan tahmin değerleri arasındaki farkı ölçmektedir. Sıfıra yakın bir RSS, model ile tahmin edilen verilerin ölçülen veriler ile uyumunun güçlü olduğunu göstermektedir (Oliver ve Webster, 2014; Tripathi ve ark., 2015). Değişkenlerin mekânsal bağımlılığı, külçe (nugget) etkisi ve nugget/sill oranı etkisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Oranın <25 olması güçlü bir bağımlılığı, 25-75 aralığında olması orta düzeyde bir bağımlılığı ve >75% olması zayıf bir mekânsal bağımlılığı gösterdiği kabul edilmektedir (Cambardella ve ark., 1994).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Çalışma alanı toplam genişliği 12 dekar olmasına rağmen yüzey topraklarının (0-10 cm) ortalama kil içeriği % 52.2 ile % 68.9 arasında değişmiş (ort. % 60), muhtemelen kil içeriğindeki değişim nedeniyle agregat stabilitesi değerleri de % 11.4 ile % 39.1 arasında değişim (ort. % 24) göstermiştir (Tablo 3). Yüzey altı topraklarının kil içerikleri de ilk 10 cm derinliktekinde oldukça benzerdir. Yüzeyde ortalama 1.28 g cm^{-3} olan hacim ağırlığı 10-20 cm derinlikte de 1.34 g cm^{-3} olarak belirlenmiştir. Toprağın hacim ağırlığı, kök gelişimi ve toprak geçirgenliği için uygunluğun etkin bir göstergesidir. Genellikle, toprağın hacim ağırlığının parçacık büyüklük dağılımına bağlı olarak 1.5 g cm^{-3} 'ten daha düşük olması tercih edilir.

Tablo 3. Çalışma alanı topraklarının tekstür, hacim ağırlığı ve agregat stabilitesine ait tanımlayıcı istatistik verileri

Toprak Özelliği	Birim	Min.	Maks.	Ort.	Std. Dev.	% VK	Yatıklık
0-10 cm							
% Kil	%	52.2	68.9	60.0	3.4	5.6	0.27
% Silt		13.08	29.2	19.4	3.2	16.6	0.50
% Kum		12.5	27.2	20.6	3.2	15.7	-0.51
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1.08	1.47	1.28	0.08	6.3	-0.24
Agregat Stabilitesi	%	11.4	39.1	24.0	6.8	28.7	0.36
10-20 cm							
% Kil	%	53.2	67.3	60.0	3.5	5.8	-0.02
% Silt		15.6	26.3	19.9	2.1	10.6	0.55
% Kum		12.0	28.1	20.2	3.5	17.0	-0.17
Hacim Ağırlığı	g cm ⁻³	1.16	1.48	1.34	0.07	4.92	-0.25
Agregat Stabilitesi	%	15.4	49.9	32.0	7.4	24.9	-0.12

Toprak hacim ağırlığı, toprak sağlığı, bitki büyümesi ve bir dizi ekosistem işlevinin gerçekleşmesinin göstergesi olarak kullanılan önemli bir toprak özelliğidir (Al-Shammary ve ark., 2018). Toprak porozitesi ve toprak neminin belirlenmesinde de kullanılan hacim ağırlığı, toprakta hava ve su hareketi için kalan boşluğu gösteren toprak porozitesi ile ters orantılıdır. Ayrıca, yüzey topraklarında toprak sıkışması durumunu belirlemek için bir gösterge olarak da kullanılan hacim ağırlığı, köklerin derine penetrasyonu ve dolayısıyla bitkilerin yüzey altındaki su ve besin elementlerine erişimi ve toprağın genel verimliliğini etkileyen önemli bir toprak kalitesi göstergesidir (Robinson ve ark., 2022). Tekstüre bağlı olarak tarımsal

üretim açısından en ideal hacim ağırlığı aralıkları Tablo 4'te verilmiştir. Bu tablodaki verilere göre deneme alanı topraklarının kil içeriği (> % 45) göz önüne alındığında, en ideal hacim ağırlığı değerinin <1.1 g cm⁻³ olduğu, 1.39 g cm⁻³'ten daha yüksek değerlerin sorun yaratabileceği ve 1.47 g cm⁻³'ten büyük değerlerin ise kök gelişimini önemli düzeyde sınırlandıracağı anlaşılmaktadır. Deneme alanı topraklarının ortalama hacim ağırlığı değerleri, sıkışma bakımından bu derinliklerde sorun olmadığına işaret etse de her iki derinlikte de eşik değer civarında ölçülen hacim ağırlıkları, sıkışmanın izlenmesi gereken bir sorun olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Toprak tekstürüne bağlı olarak hacim ağırlığı değerlerinde kök gelişimi (USDA, 1987).

Toprak Tekstürü	Bitki Gelişimi için İdeal Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Kök Gelişimini Etkileyen Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Kök Gelişimini Sınırlandıran Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
Kumlu, Tınlı kumlu	<1.60	1.69	>1.80
Kumlu Tınlı	<1.40	1.63	>1.80
Kumlu Killi Tınlı, Killi Tınlı	<1.40	1.60	>1.75
Siltli, Siltli Tınlı	<1.40	1.60	>1.75
Siltli Tınlı, Siltli Killi Tınlı	<1.40	1.55	>1.65
Kumlu Killi, Siltli Killi, Killi Tınlı	<1.10	1.49	>1.58
Killi (>45% Kil)	<1.10	1.39	>1.47

Toprak yapısının bir göstergesi olarak kabul edilen agregat stabilitesi göstergesinde, stabilite, partiküllerin

yeniden düzenlenmesi, flokülasyon ve mineral partiküllerin organik ve inorganik maddelerle birleşimi sonucu ile

gerçekleşmektedir. Toprak işlemenin yapıldığı arazilerde, stabil olan agregatlar parçalanır ve toprak yapısal olarak istikrarsız bir hale gelir, ve rüzgâr veya yağmur tarafından yerinden aşındırılıp bir başka yere taşınabilir. Büyük ve stabil olan agregatlar, küçük ve zayıf olan agregatlara kıyasla daha zor taşınabildiklerinden daha az erozyona uğrarlar. Bunun aksine, küçük agregatlar yağış suyuyla kolayca taşınabilir ve bu da toprakta zaman içerisinde organik madde miktarının önemli düzeyde azalmasına yol açar (Wang ve ark., 2015). Deneme alanı toprakları genel olarak organik madde içeriğinin düşük olması nedeni ile zayıf bir agregat stabilitesine sahiptir. Kil içerikleri yüksek olmasına rağmen yüzey topraklarının agregat stabilitesi değerleri % 11.4 ile % 39.1 arasında değişirken ortalama %24 olarak ölçülmüştür. Yüzey altı toprak örneklerinde ise agregat stabilitesi değerleri % 15.4 ile % 49.9 arasında değişirken ortalama % 32 olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Çalışma alanı topraklarının organik madde içeriğinin nispeten düşük olması agregat stabilitesinin düşük olmasının ana nedeni olduğu düşünülmektedir. Organik madde, toprak agregat stabilitesini artırarak toprağın yapısını iyileştirir. OM, toprak partiküllerini birbirine bağlayan yapışkan materyaller sağlar, mikrobiyal aktiviteyi artırır ve kolloidal maddelerin oluşumunu teşvik eder. Ayrıca, organik madde çok değerlikli katyonlarla etkileşime girerek agregatların bağlanma kapasitesini artırır ve toprak pH'sını düzenleyerek bu etkileşimleri güçlendirir. Bu mekanizmalar, su tutma kapasitesini ve havalanmayı iyileştirerek toprak erozyon direncini artırır ve bitki büyümesini destekler (Halder ve ark., 2022). Kara ve ark. (2022) yaptığı çalışmada, organik maddelerin toprak agregat stabilitesini artırdığını ve toprak erozyon direncini güçlendirdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, "zeytin posasının (pirina) farklı oranlarda uygulanmasıyla kontrol örneklerine kıyasla hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi, kullanılabilir su, agregat stabilitesi, likit

limit, plastik limit ve organik madde değerlerinin istatistiksel olarak arttığı ($p<0.01$) tespit edilmiştir. Varyasyon katsayısı, alınan toprak örneklerinde belirlenen özelliklerin ne kadar değişken olduğunu göstermek için kullanılan bir parametredir. Bu parametre, standart sapmanın ortalama değere oranının yüzde olarak ifade edilmesiyle hesaplanır. Yani, bir özelliğin ortalama değerine göre standart sapmasının yüzdesel olarak ne kadar olduğunu belirler. Varyasyon katsayısının düşük olması, özelliklerin daha az değişken olduğunu, yüksek olması ise daha fazla değişkenlik olduğunu gösterir. Wilding (1985)'e göre, toprak özelliklerinin varyasyon katsayısı için eşik değerler şu şekildedir: Düşük varyasyon $VK < \% 15$, orta varyasyon $\% 15 < VK \leq \% 35$ ve yüksek varyasyon $VK > \% 35$ 'tir. Bu değerlendirmeye göre Tablo 3'te verilen fiziksel toprak özelliklerinden kum içeriği (VK: yüzey için % 15.7 ve yüzey altı için % 17) ve agregat stabilitesi (VK: yüzey için % 28.7 ve yüzey altı için % 24.9) değerleri orta düzeyde değişken iken, diğer özelliklerin tamamında değişkenliğin düşük olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Toprağın su içeriği, hidrolojik döngünün önemli bir bileşeni olup, kurak ve yarı-kurak bölgelerde ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sınırlandıran en temel faktördür. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, ilave sulama imkânı bulunmadığı durumda toprağın su içeriğinin kaynağı, bölgeye düşen yağıştır. Dolayısı ile sulama imkânı olmadığında kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin su alımını ve yapraklarından gerçekleşecek buharlaşma miktarını topraktaki suyun miktarını belirlemektedir (McColl ve ark., 2017). Sulama ile araziye uygulanan suyun etkinliğini artırmak için, topraktaki suyun depolanması ve serbest bırakılmasını kontrol eden temel faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu faktörler arasında, yarayışlı su içeriği (YSİ), toprağın tutabileceği bitkiler için mevcut su miktarını ölçen önemli bir özelliktir. YSİ, tarla kapasitesi (TK) ve daimî solma noktası (DSN) arasındaki toprak tarafından tutulan

su miktarı olarak tanımlanır. Genellikle YSİ, bir toprak kütesine TK için tipik olarak 10-33 kPa arasında ve DSN için 1500 kPa basınç (emiş) uygulayarak nemin çıkarılması ile belirlenmektedir (Blaschek ve ark., 2019). Tarla kapasitesi, toprakta büyük gözeneklerdeki suyun yerçekimi kuvveti tarafından uzaklaştırıldığı eşik noktadır. Toprağın su içeriğinin TK'nin üstüne çıkmasına neden olan bir sulama uygulaması arzu edilmez, çünkü fazladan uygulanan su daha derin katmanlara süzülüp bitki köklerinin erişilmeyeceği derinliğe inecektir. Tarla kapasitesindeki toprağın içerdiği su miktarı, bitki kullanımı için ideal olarak kabul edilir. Bu nedenle, TK genellikle sulama yönetimi için üst sınır

olarak kabul edilmektedir. Çoğu tarım arazilerinde topraklar, bir sulama veya yağış olayından sonra bir ila üç gün içinde tarla kapasitesi nem içeriğine ulaşır (Datta ve ark., 2018). Bu eşik noktasında, kumlu topraklarda tipik hacimsel su içeriği % 20 ve killi topraklarda ise % 40 düzeyinde olabilir (Hanson ve ark., 2000). Çalışma alanı topraklarının yüksek kil içeriği TK ve DSN'da tutulan su miktarlarının da yüksek olmasına neden olmuştur. Yüzeyde ortalama TK, DSN nem içerikleri ve YSİ değerleri % 37.7, % 27.5 ve % 10.2'dir. Yüzey altı katmanında da tekstürün benzer olması nedeniyle TK, DSN ve YSİ değerleri yüzey katmanına yakın olup sırası ile % 38.5, % 29.2 ve % 9.3'tür (Tablo 5).

Tablo 5. Çalışma alanı topraklarının nem içerikleri ve gözeneklilik durumuna ait tanımlayıcı istatistik verileri

Toprak Özelliği	Birim	Min.	Maks.	Ort.	Std. Dev.	VK %	Yatıklık
0-10 cm							
Tarla Kapasitesi	%	31.9	43.6	37.7	2.5	6.6	0.2
Solma Noktası		20.4	35.9	27.5	2.8	10.3	0.5
Yarayışlı Su		3.8	13.2	10.2	2.2	21.5	-0.9
Toplam Gözeneklilik	cm ³ cm ⁻³	0.52	0.75	0.57	0.04	6.5	2.2
Mikro Gözeneklilik (cm ³ cm ⁻³)		0.31	0.44	0.36	0.03	7.0	0.4
Makro Gözeneklilik (cm ³ cm ⁻³)		0.13	0.37	0.21	0.04	21.3	1.2
Su Dolu Gözenek Hacmi	%	52.5	78.2	66.8	5.8	8.7	-0.4
10-20 cm							
Tarla Kapasitesi (%)	%	30.9	46.1	38.5	2.5	6.5	-0.3
Solma Noktası (%)		22.8	37.2	29.2	3.5	11.9	0.6
Yarayışlı Su (%)		3.9	13.6	9.3	2.5	26.3	-0.4
Toplam Gözeneklilik (cm ³ cm ⁻³)	cm ³ cm ⁻³	0.49	0.59	0.55	0.02	4.2	-0.2
Mikro Gözeneklilik (cm ³ cm ⁻³)		0.30	0.44	0.37	0.03	6.8	-0.3
Makro Gözeneklilik (cm ³ cm ⁻³)		0.11	0.24	0.17	0.03	18.0	0.0
Su Dolu Gözenek Hacmi (%)	%	58.2	83.0	70.6	5.3	7.6	-0.1

Daimî solma noktası, bitkilerin su taleplerini karşılamak için suyu yeterince hızlı bir şekilde alamayacakları bir eşik noktasıdır. DSN'da, toprak partikülleri suyu o kadar güçlü bir şekilde tutar ki bitki köklerinin onu alması zorlaşır. Bu eşik noktasında, transpirasyon ve dolayısıyla bitkinin hayatta kalması için hayatı öneme sahip diğer süreçler neredeyse durur. Bu durum, bitki büyümesinde ve ürün veriminde önemli bir azalmaya neden olur. Topraktaki su miktarı uzun bir süre

DSN'nın altında kalırsa, bitki sonunda ölecektir. Sulama, toprak nem içeriğinin DSN'na yaklaşmaya başlamasından çok önce uygulanmalıdır (Datta ve ark., 2018). DSN'nın değeri bitki türüne, toprağa ve iklime göre değişmektedir ve kumlu topraklarda % 6 ve killi topraklarda yüzde 22'ye kadar değerler alabilir (Hanson ve ark., 2000). Çalışma alanı içerisinde kil içeriğinin çoğunlukla ortalama % 60'tan daha yüksek olması, DSN'da tutulan su miktarının yer yer % 35.9 gibi oldukça

yüksek değerlerde oluşmasına yol açmıştır. Bu durum, toprakta % 35.9 nem olduğunda dahi bitkilerin solgunluk gösterebileceğine işaret etmesi açısından önemlidir. Solma noktasının yüksek nem içeriklerinde oluşuyor olması yüzey ve yüzey altında da YSI değerlerinin yer yer % 3.8 (0-10 cm) ve

% 3.9 (10-20 cm) gibi çok düşük olmasına yol açmıştır (Tablo 6). Genel olarak, kumlu topraklar büyük miktarda su tutamaz ve YSI miktarı oldukça düşüktür. Siltli ve siltli kil gibi orta bünyeli toprakların YSI değerleri ise çok daha yüksektir.

Tablo 6. Farklı tekstüre sahip topraklarda toprak nemine ait tipik eşik değerler (Hanson ve ark., 2000)

Toprak Tekstürü	Tarla Kapasitesi (%)	Daimî Solma Noktası (%)	Yarayışlı Su İçeriği (%)
Kum	10	4	6
Tınlı Kum	16	7	9
Kumlu Tın	21	9	12
Tın	27	12	15
Siltli Tın	30	15	15
Kumlu Killi Tın	36	16	20
Kumlu Kil	32	18	14
Killi Tın	29	18	11
Siltli Killi Tın	28	15	13
Siltli Kil	40	20	20
Kil	40	22	18

Toprak içerisinde organik maddenin biyolojik parçalanması için toprakların uygunluğunu belirlemede su dolu gözenek hacmi (SDGH) bir kriter olarak kullanılmaktadır. Toprak hacmi, gravimetrik toprak su içeriği ve toprak hacim ağırlığı ile hesaplanan SDGH değeri %60 olduğunda toprakta mikrobiyal aktivitenin en yüksek seviyede olabileceği tahmin edilmektedir (Stehfest ve ark., 2007; Fichtner ve ark., 2019). Çalışma alanı içerisinde hem yüzey hem yüzey altı topraklarının ortalama SDGH değerleri, ortamın mikroorganizma faaliyeti için uygun olduğunu göstermektedir. Yüzeyde SDGH değerleri % 52.5 ile % 78.2 (ort. % 66.8) ve yüzey altında % 58.2 ile % 83 (ort. % 70.6) arasında değişmekte olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Hesaplanan varyasyon katsayısı (VK) değerleri (VK yaklaşık % 5.5) de SDGH değerlerinin çalışma alanı içerisinde oldukça düşük bir değişkenliği olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar, SDGH'ni topraktaki azot dinamiklerini incelerken de kullanmaktadırlar. Mekala ve ark. (2017), kumlu toprakta sırası ile % 33, % 57 ve % 78 SDGH ve killi toprakta ise %

52, % 81 ve % 96 SDGH seviyelerinde gerçekleşen denitrifikasyon, nitrifikasyon ve azot yıkanması olaylarını incelemişlerdir. Kumlu toprakta, SDGH değeri % 33 ila % 78 arasında iken azot kaybına neden olan etkin olay nitrifikasyon olarak tanımlanmıştır. Denitrifikasyon ise SDGH % 57 ila % 78 arasında olduğunda yoğun bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu nedenle, araştırmacılar optimum sulama planlaması için SDGH değerinin % 57 olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Killi kumlu toprakta ise SDGH değeri % 52 olduğunda nitrifikasyon ve denitrifikasyon olaylarının eşit derecede gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Toprak gözenekliliği, toplam toprak hacmi içinde yer alan gözenek boşluğunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Genellikle, gözeneklerin boşlukları, hava veya suyun toprak ortamı içinde bulunabilirliğini ve hareketini kolaylaştırır. Gözeneklilik miktarını yüksek olması, birim hacimde daha fazla gözenek olduğu anlamına gelir. Bu da daha fazla suyun tutulabileceği ve bunun sonucunda da bitki besinlerinin ve bitkilerin daha iyi

büyümesinin sağlanabileceği anlamına gelir (Fattani ve ark., 2021). Toprakta gözeneklerin tamamen su ile dolu olduğu durumdaki doymuş su içeriği, toprağın toplam porozitesine eşittir. Topraktaki makro gözenekler, makro agregatlar arasındaki gözenek boşluğunu tanımlarken mikro agregatlar arasındaki boşluk ile mikro agregatların içindeki gözenekler ise mikro gözenekler olarak karakterize edilmiştir. Makro gözenekler, agregatlar arasında bulunan ve çapları genellikle 0.08 mm'den büyük olan toprak gözenekleridir. Makro gözenekler yerçekimi ile serbestçe drenajın gerçekleşmesini sağlar ve su ve havanın kolay hareketine izin verir. Killi bir toprakta küçük partiküllerin miktarı fazla olduğundan kaba bünyeli (kumlu) bir toprağa göre oldukça fazla sayıda gözenek içerir. İnce bünyeli (killi) topraklarda su, daha küçük gözeneklerde daha sıkıca tutulduğundan, kaba bünyeli topraklara kıyasla daha fazla miktarda su tutabilirler. Ayrıca, makro gözenekler, toprak organizmaları için yaşam alanı sağlar ve bitki köklerinin derinlere inmesine yardımcı olurlar. Mikro gözenekler ise 0.08 mm'den daha küçük çaplara sahiptir ve genellikle yapısal agregatların içinde bulunan küçük toprak gözenekleridir. Mikro gözenekler, toprak mikroorganizmalarını etkileyerek onların hayatta kalması için alan sağlayarak toprak biyolojik çeşitliliğini etkilemektedir (Six et al., 2004). Deneme alanı topraklarının makro ve mikro gözenek miktarlarının yüzey toprağında ortalama 0.21 ile 0.36 cm³ cm⁻³ ve yüzey altında ise 0.17 ile 0.37 cm³ cm⁻³ arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

Deneme alanı içerisinde yüzey altı topraklarının her iki gözenek miktarı için değişkenliği düşük iken, yüzeyde makro gözenek miktarına ait VK değerinin % 21.3 olması, yüzeyde makro gözenek miktarında orta düzeyde bir değişkenlik olduğunu göstermektedir. Hem 0-10 cm hem de 10-20 cm derinliklerde toplam gözeneklilik ve mikro gözeneklilik VK değerleri oldukça düşüktür (Tablo 5). Bu durum, çalışma alanı topraklarının su ve besin elementlerini

tutma ve depolama yeteneğinin her iki derinlikte de homojen olduğunu gösterir. 0-10 cm derinlikte makro gözenekliliğe ait VK değeri % 21.3'tür ve bu da orta düzeyde değişkenlik gösterdiğini gösterir. Bu durum, su ve hava taşıma kapasitesinin bu derinlikte bazı noktalarda farklılık gösterebileceğini ve toprak erozyonuna karşı dikkatli olunması gerektiğini gösterir. 10-20 cm derinlikte makro gözeneklilik VK değeri % 18.0'dır ve bu da düşük düzeyde değişkenlik gösterdiğini gösterir. Bu durum, su ve hava taşıma kapasitesinin bu derinlikte homojen olduğunu gösterir.

3.2. Toprak özelliklerinin çalışma alanı içindeki değişkenliği ve haritalanması

Çalışmada incelenen toprak fiziksel özelliklerinden bir kısmının, deneme alanındaki dağılımları jeostatistiksel yöntemler ile modellenmiş, her bir özellik için en uygun yarı-variogram modeli oluşturulmuş ve bu model kullanılarak çalışma alanında örnekleme yapılmayan noktalar için tahminler yapılmıştır. Yarı-variogram modellerine ait parametreler Tablo 7'de verilmiştir. Çalışma alanındaki kil içeriği, küresel (0-10 cm) ve exponential (10-20 cm) modellerle incelenmiştir. Küresel model, genellikle belirli bir mesafede (range) veri noktaları arasındaki korelasyonun tamamen kayb olduğu durumlarda kullanılır. Modelin nugget değeri, çok kısa mesafelerde (ölçüm hataları veya küçük ölçekli varyasyonlar) gözlenen varyasyonu gösterir (Goovaerts, 1999). Kil içeriği için küresel modelde nugget değeri 0.01, sill değeri 10.42 ve range değeri 20 metredir. Bu, kil içeriğinde küçük ölçekli bir varyasyon olduğunu ve veri noktalarının 20 metreye kadar birbirleriyle ilişkilendirildiğini gösterir. R² değeri 0.997, modelin veriyi oldukça iyi temsil ettiğini belirtmektedir. Range değerinin 20 metre olması, deneme alanında kil içeriğinde veri noktalarının birbirleriyle mekânsal olarak olan ilişkili olduğu mesafeyi tanımlamaktadır. Nugget değerinin oldukça küçük olması (0.01) kil içeriğinde çok küçük mesafelerde bile bir miktar varyasyonun olduğunu göstermektedir. Sill

değerinin 10.42 olması 20 metrelik (range değeri) bir mesafede, varyasyonun tam olarak geliştiği noktayı tanımlamaktadır. Üssel model, veri noktaları arasındaki korelasyonun mesafe arttıkça daha yavaş azaldığı durumlar için uygundur (Goovaerts, 1999). Bu model, nugget değeri 0.1, sill değeri 12.49 ve range değeri 16.2

metre olarak hesaplanmıştır. Üssel modele ait range değeri, üssel modelde küresel modele kıyasla biraz daha kısadır, bu da kil içeriğinin korelasyonunun mesafe arttıkça daha hızlı azaldığını belirtmektedir. R^2 değerinin 0.97 olması, üssel modelin yüzey altı topraklarının kil içeriği için iyi bir uyum sağladığını göstermektedir.

Tablo 6. Toprak fiziksel özelliklerinin yarı-variogram modellerine ait parametreler

Toprak Özelliği	Derinlik cm	Model	Nugget	Sill	Nugget/Sill %	Range m	R^2	RSS
Kil	0-10	Küresel	0.01	10.42	0.1	20	0.997	3.90E-03
	10-20	Üssel	0.1	12.49	0.8	16.2	0.97	4.75E-05
Agregat Stabilitesi	0-10	Üssel	3.3	46.37	7.1	21	0.98	4.10E-01
	10-20	Üssel	7.7	57.8	13.3	41.4	0.98	5.05E-01
Hacim Ağırlığı	0-10	Üssel	0.0011	0.0068	16.2	42.6	0.95	4.76E-08
	10-20	Küresel	0.00065	0.00496	13.1	13	0.999	4.40E-09
Yarayışlı Su İçeriği	0-10	Doğrusal	2.9	5.8	50.0	90.5	0.99	3.90E-02
	10-20	Üssel	2.08	10.17	20.5	242.4	0.99	1.10E-01
Su Dolu Göz. Hacmi	0-10	Üssel	13.92	37.27	37.4	59.4	0.87	4.75E+00

Modellere ait range (aralık) değeri, yarı-variogramdaki değişkenliğin yayılma mesafesini temsil etmektedir. Daha büyük bir aralık değeri, değişkenliğin uzak mesafelere kadar yayıldığını gösterirken, daha küçük bir aralık değeri, değişkenliğin daha yakın mesafelerde yoğunlaştığını gösterir (Goovaerts, 1999). Farklı toprak özelliklerinin yüzey ve yüzey altı derinliklerindeki dağılım aralıklarında önemli farklılıklar bulunmaktadır (Tablo 6). Örneğin, kil ve hacim ağırlığı için, yüzeyde range değerleri sırasıyla 20 m ve 42.6 m iken, yüzey altında sırasıyla 16.2 m ve 13 m olarak belirlenmiştir. Bu, toprak özelliklerinin yüzeyden yüzeye farklılık gösterdiğini ve derinlik arttıkça varyasyonun azaldığını göstermektedir. Ancak, su dolu gözenek hacmi için aralık değeri yüzeyde 59.4 m iken, yüzey altında 37.4 m olarak belirlenmiştir. Bu durum, su dolu gözenek hacminin yüzeyden yüzeye daha fazla değişkenlik gösterdiğini ve derinlik arttıkça varyasyonun arttığını göstermektedir. Yarayışlı su içeriği için 10-20 cm derinlik için kullanılan üstel modelin çok daha büyük bir aralığa sahip olması dikkat çekicidir. Bu, su içeriği

değişkenliğinin bu derinlikte daha geniş bir aralıkta yayıldığını gösterebilir.

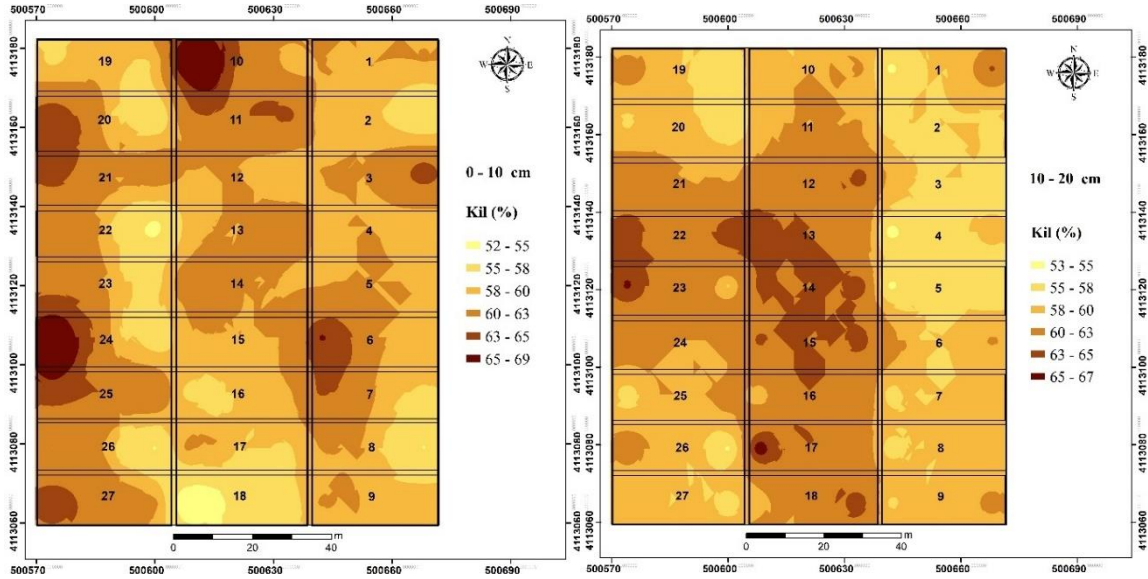
Bir alanda, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin modellenmesinde kullanılan yarı-variogramlara ait nugget ve sill değerlerinin oranı, özelliklerin mesafeye bağlı değişkenliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Cambardella ve ark. (1994), nugget/sill oranı % 25'in altındaysa, değişkenin güçlü mekânsal bağımlılığa sahip olduğunu, eğer oran % 25 ile % 75 arasındaysa, değişkenin orta düzeyde mekânsal bağımlılığa sahip olduğunu ve eğer oran % 75'in üstündeyse, değişkenin zayıf mekânsal bağımlılığa sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Bu değerlendirmeye göre, deneme alanı topraklarının fiziksel özelliklerinden yüzey ve yüzey altı kil içeriği, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı ve yüzey altı yarayışlı su içeriğine ait nugget/sill oranı değerleri ($\geq$ % 25), bu özelliklerin çalışma alanı içerisinde güçlü bir mesafeye bağımlılıkları olduğunu göstermektedir (Tablo 6). Mesafeye bağlı değişkenliğin güçlü olması, bu özelliklere ait değerlerin küçük mesafelerde bile oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir.

Bu durumda, ilgili özelliklerin mesafeye bağlı değişkenliklerinin iyi bir şekilde karakterize edildiği söylenebilir. Ancak, pratikte daha sık örnekleme yapmanın gereksiz olduğu ve mevcut örnekleme yoğunluğunun yeterli olduğu sonucuna varılabilir. Deneme alanında, yüzey derinliğinin yarıyışlı su içeriği ve yüzey altı derinlikteki su dolu gözenek hacmi değerlerine ait nugget/sill oranları % 25 ile % 75 arasında olduğunda orta düzeyde mesafeye bağımlı olarak tanımlanmışlardır.

Deneme alanı fiziksel toprak özellikleri için kalan kareler toplamı (RSS) değerlerinin her bir model için oldukça düşük olduğu görülmektedir (Tablo 6). Bu, kullanılan modellerin verilere oldukça iyi uyduğunu ve varyansın büyük ölçüde açıklandığını göstermektedir. Özellikle, kil ve hacim ağırlığı için RSS değerleri oldukça küçüktür, bu da bu özelliklerin modelleme için uygun olduğunu ve kullanılan modellerin bu özelliklerin varyansını etkili bir şekilde açıkladığını göstermektedir. Ancak, su dolu gözenek hacmi için, yüzeyde RSS değeri diğerlerine göre belirgin şekilde daha yüksektir. Bu, SDGH'nin modelleme sürecinde daha fazla varyans içerdiğini ve belki de daha karmaşık bir dağılım gösterdiğini düşündürülebilir.

Toprakta kil ve organik madde içeriğinin yüksek olması, toprak solunumu, su ve besin tutma ve dinamikleri ile toprak erozyonu gibi birçok toprak mikrobiyal, fiziksel ve kimyasal süreçleri güçlü bir şekilde etkiler (Arthur ve ark., 2019). Dolayısıyla, bu toprak özelliklerinin tarımsal üretim yapılan arazilerde doğru bir şekilde tahmin edilmeleri, arazi içi değişkenliğin neden olabileceği verim kayıplarını azaltmak ve girdi kullanım etkinliklerini arttırmak için gereklidir. Deneme alanında 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerdeki kil içeriğinin dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 2a ve 2b'de verilmiştir. Deneme alanının özellikle batı bölümünde ve yer yer kuzey sınırında yüzey

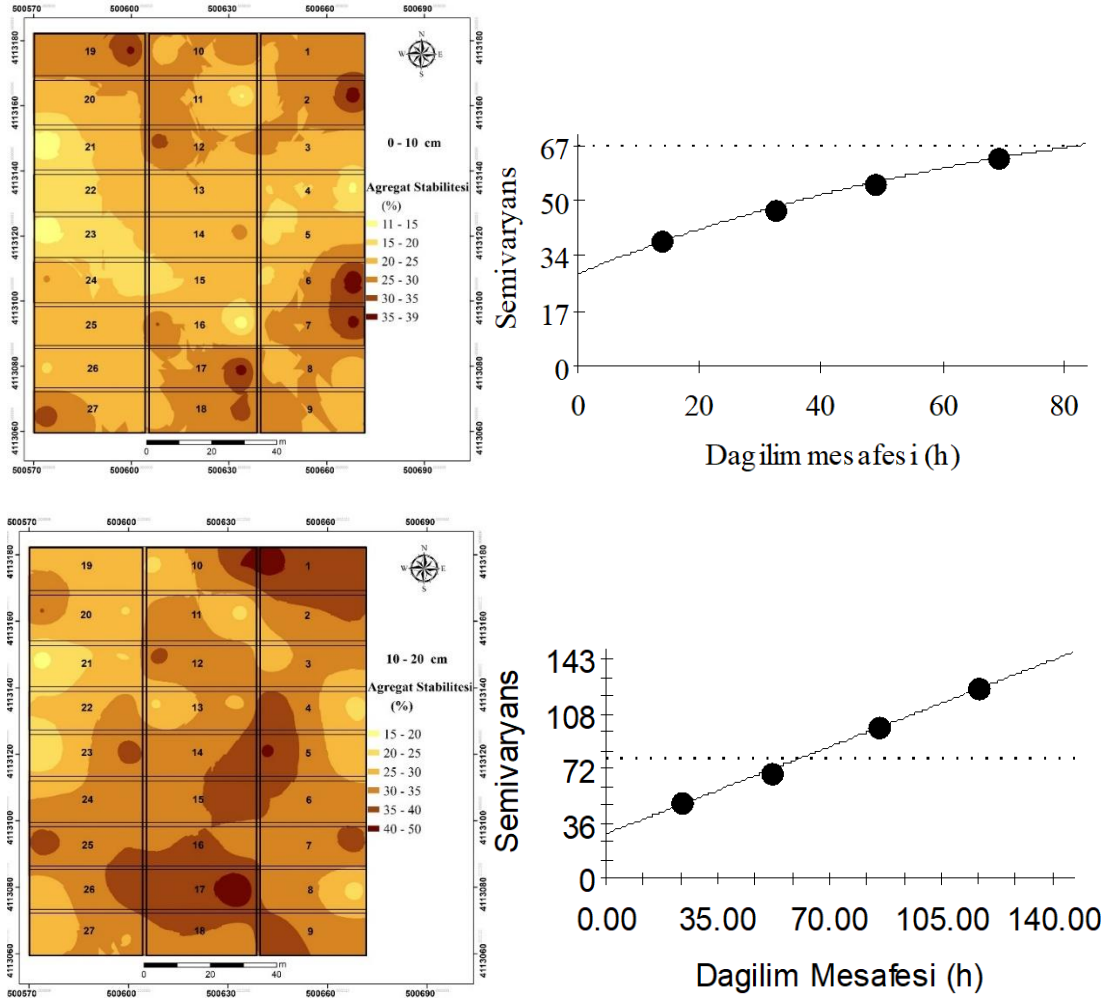
topraklarının kil içeriğinin % 69'a çıktığı görülmektedir. Yüzey altında ise özellikle deneme alanının orta ve batı bölümünde kil içeriği % 67 gibi oldukça yüksek değerleri görmektedir. Sadece 12 dekar genişliğinde olmasına rağmen, deneme alanı içerisinde kil içeriğinin ilk 20 cm derinlikte % 52 ile % 69 arasında değişiyor olması, kil içeriği ile ilişkili olan diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğinde kısa mesafelerde değişkenlik göstermesine yol açması beklenebilir. Örneğin, kil içeriğinin yüksek olması toprakta daha büyük yüzey alanı oluşmasına neden olacaktır. Kil içeriği yüksek olan toprakta organo-mineral kompleksleri oluşturan çok değerlikli katyonların varlığı, daha fazla organik karbon molekülünün kil yüzeylerine absorbe olmasına neden olabilir. Bu durum, topraktaki organik karbonu mikrobiyal ve enzimatik bozulmadan koruyarak toprakta daha fazla karbonun depolanmasını sağlayacaktır (Zaffar ve ark., 2015). Deneme alanında yapılan örneklemede her ne kadar yüzey ve yüzey altı olarak bir ayırım yapılmış olsa da, bu çalışmada örneklenen toplam derinlik olan 0-20 cm, toprak profilinin yüzeyi olarak kabul edilebilir. Genel olarak, yüzey toprağının kil içeriği, çoğu bitki için köklerin yaklaşık %60-80'inin verimliliğini, toprağın tamponlama kapasitesini ve biyolojik aktivitesini yöneten temel bileşendir. Bu nedenle üst topraktaki kil içeriğinin mekânsal dağılımı, tarla içindeki besin maddeleri ve pH yönetimi için gereklidir ve hassas tarım (örneğin, gübreleme ve iyileştirme) uygulamaları açısından son derece önemlidir. Toprak profilinin daha alt katmanlarında bulunan kil ise, toprağın nem ve besin maddesi depolama kapasitesini belirlemektedir. Bu nedenle de alt topraktaki kil içeriğinin dağılımı, özellikle su kısıtı başta olmak üzere bitkisel üretim için gerekli temel rezervlerin yönetimi için kullanışlı bir kaynaktır (Zhao ve ark., 2022).



Şekil 2. Deneme alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının kil içeriğinin mekânsal dağılım haritaları

Yüzey altı kil içeriğinde olduğu gibi, her iki derinlikteki agregat stabilitesi, su dolu gözenek hacmi ile yüzey derinlikteki hacim ağırlığı ve yarayışlı su içeriği değerlerinin deneme alanı içerisindeki modellenmesinde üssel modelin daha başarılı olduğu görülmektedir. Öte yandan, yüzey altı derinlikte hacim ağırlığı ve yarayışlı su içeriği değerlerinin modellenmesinde küresel model en iyi model iken, yüzey topraklarının yarayışlı su içeriğinin modellenmesinde doğrusal model en iyi model olarak ön plana çıkmıştır (Tablo 7). Toprak agregat stabilitesi, stabil agregatların varlığı, geniş bir yelpazede toprak ekosistem hizmetleriyle ilişkili olduğundan dolayı toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rivera ve Bonilla, 2020). Deneme alanı içerisinde yüzey ve yüzey altı toprakların agregat stabilitesi değerlerinin dağılımlarına ait haritalar ve kullanılan yarı-variogram modelleri Şekil 3a ve 3b’de gösterilmiştir. Agregat stabilitesi değerleri

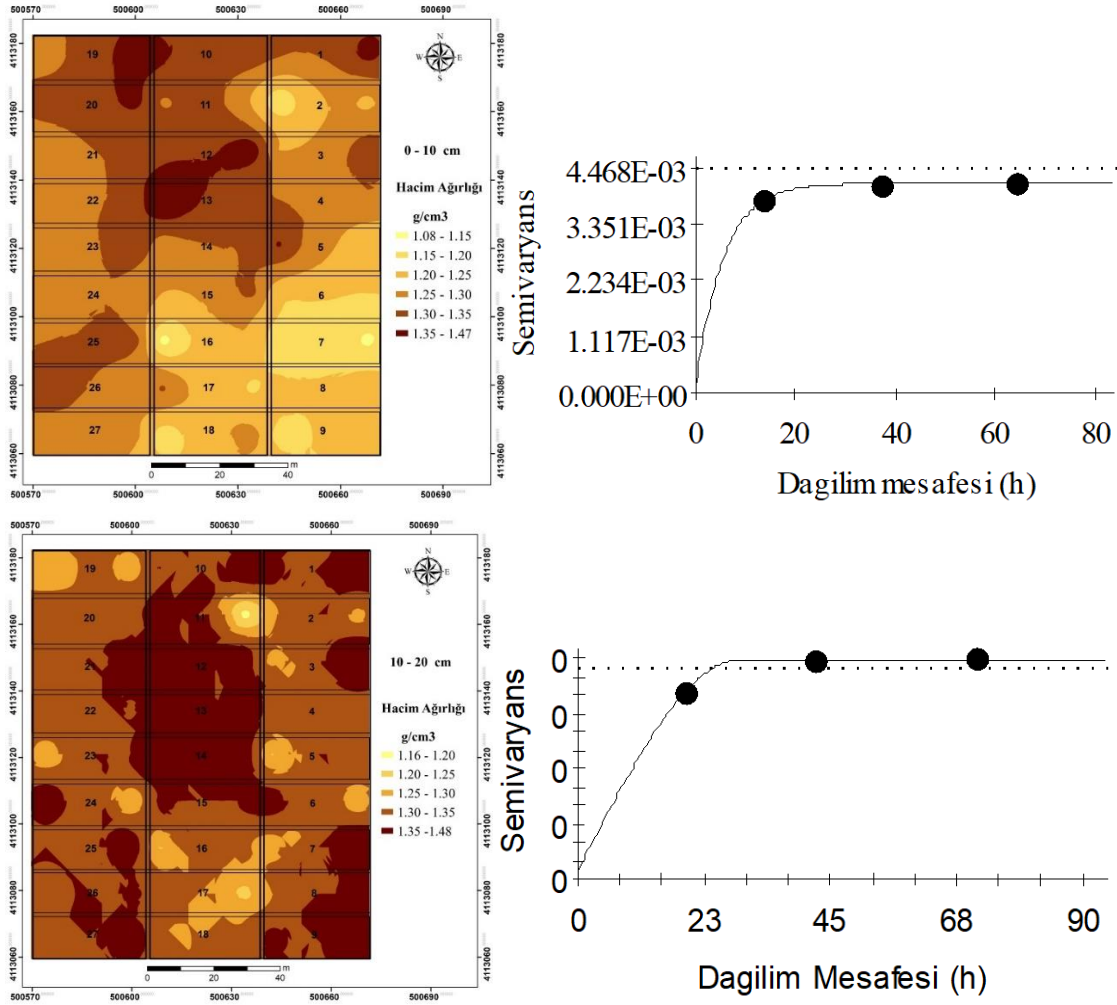
ilk 20 cm derinlikte % 11 ile % 50 arasında değişmektedir. Yüzey ve yüzey altı haritalarında agregat stabilitesinin yüksek ve düşük olduğu yerlerin benzerliği ise dikkat çekicidir. Yüzey toprağında deneme alanının kuzey sınırı ile güney-doğusunda agregat stabilitesi değerleri % 35-40 arasında iken, orta ve batı bölümlerinde % 11-20 gibi düşük değerlerdedir. Agregatların parçalanmaya karşı direnci, toprak sıkışması, toprak organik maddesinin stabilizasyonu ve organik karbonun erozyondan veya ayrışmadan korunması, mikrobiyal topluluk yapısı, besin adsorpsiyonu, suyun depolanması, infiltrasyon, hidrolik iletkenlik, havalanma, kök gelişimi, tohum çimlenmesi, yüzey akışı ve erozyona karşı duyarlılık ve kabuk oluşumu gibi geniş bir yelpazede toprak süreçlerini ve özelliklerini etkilediği rapor edilmiştir (Angers ve ark., 2008; Rivera ve Bonilla, 2020; Tanner ve ark., 2021; Khan ve ark., 2022; Yang ve ark., 2023).



Şekil 3. Deneme alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının agregat stabilitesi değerlerine ait mekânsal dağılım haritaları ve ilgili yarı-variogram modelleri

Topraklar, özellikle modern tarımın gelişimi ile mekanizasyonun yaygın olduğu arazilerde, sıkışmaya karşı son derece hassastır. Toprak porozitesi, toprak nemi ve hidrolik iletkenlik ile ilgili temel bir toprak fiziksel özelliği olan hacim ağırlığı, toprak sıkışmasını ve toprak kalitesini/verimliliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Çelik ve ark., 2021; Keshawarzi ve ark., 2021). Toprakların kil içeriğindeki değişkenlik, hacim ağırlığı değerlerinin de önemli miktarda farklılaşmasına yol açmıştır. Çalışma alanında ilk 20 cm derinlikte 1.08 g cm^{-3} gibi, yüksek kil içeriğine sahip bir toprak için sorunsuz alanların olduğunu

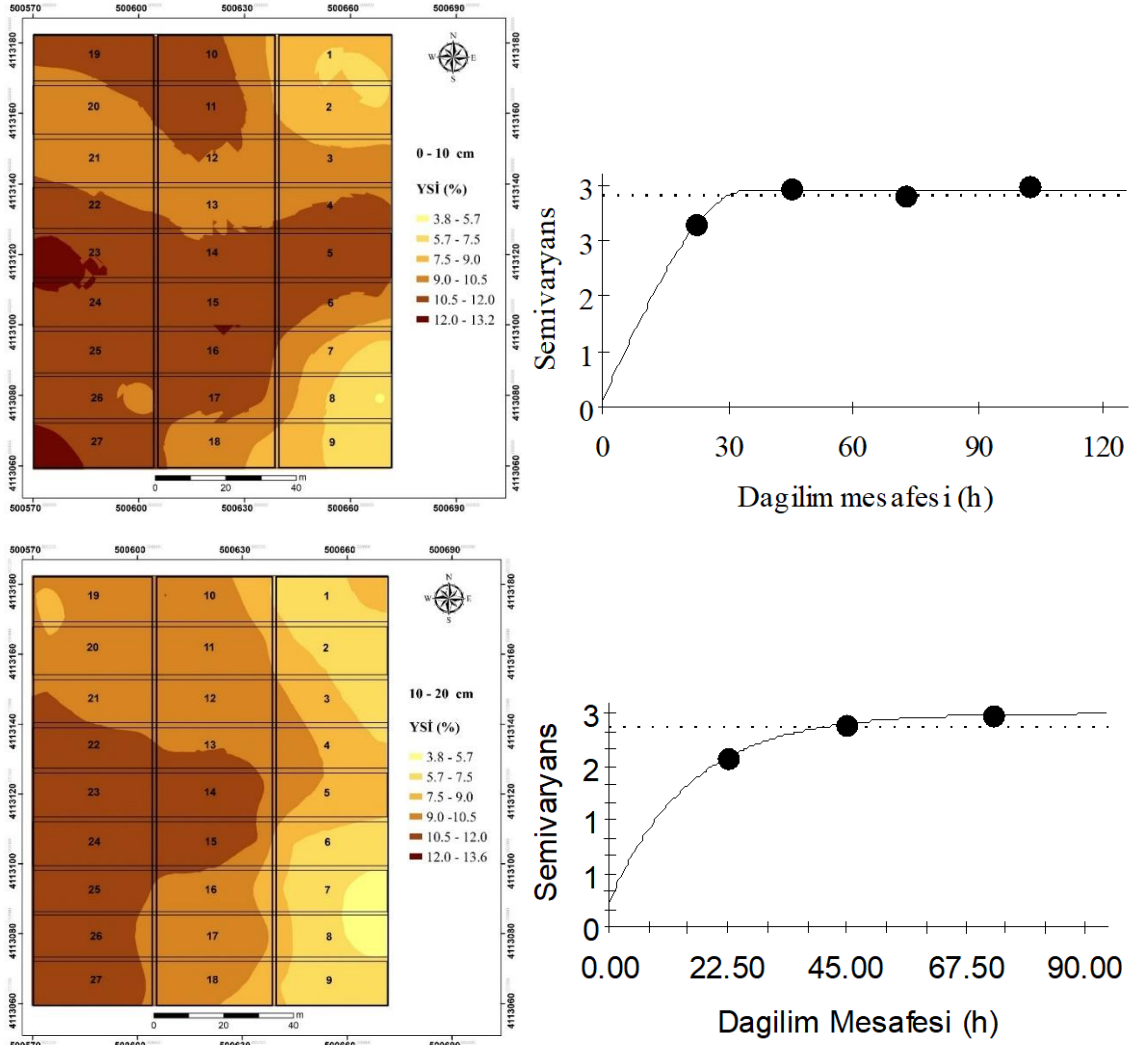
gösterse de özellikle de çalışma alanının orta ve batı bölümlerinde hacim ağırlığı değerleri köklerin penetrasyonu ve suyun iletimini engelleyebilecek olan 1.48 g cm^{-3} gibi yüksek değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 4a ve 4b). Toprak oluşum sürecinin karmaşıklığı, ve insan faaliyetleri nedeniyle, toprak hacim ağırlığının mekânsal ölçekte ve toprak katmanları arasında değişkenlik gösterebileceği bildirilmiştir (Lark ve ark. 2014). Bu nedenle, toprak hacim ağırlığının mekânsal dağılımını ve kontrol edici faktörlerini anlamak, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve ilgili toprak süreçlerinin tahmini için değerli bilgiler sağlayabilir.



Şekil 4. Deneme alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının hacim ağırlığı değerlerine ait mekânsal dağılım haritaları ve ilgili yarı-variogram modelleri

Toprağın tutabileceği yarayıslı su kapasitesi (YSİ), toprak su yönetiminin birçok yönü için önemli bir özelliktir. Bu özellikle, toprak su dengesinin kullanımıyla şekillenen toprak su yönetimi bileşenleri için geçerlidir. Toprakta üst veya dolu uçtaki rezervuarda tutulan su miktarı tarla kapasitesi olarak adlandırılır; alt veya kuru uçta tutulan su miktarı ise daimî solma noktasıdır. Yarayıslı su içeriği (YSİ) bu iki sınır arasında kalan su miktarıdır ve bir toprağın dolu ucunda tuttuğu ve bitki kullanımına hazır olan su miktarı olarak tanımlanır (Cassel ve Nielsen, 1986).

Yüksek kil içeriğine sahip olan deneme alanında, YSİ ilk 20 cm derinlikte % 3.8 ile % 13.6 arasında değişmiştir. Oldukça küçük bir alan olmasına karşın, arazide yer alan toprakların YSİ içerikleri arasında % 10'luk bir farkın olması ilgi çekicidir. İlk 10 cm ile ikinci 10 cm (10-20 cm) derinliklere ait dağılım haritaları birbirlerine son derece benzerdir (Şekil 5a and 5b). En düşük YSİ içeriğine sahip topraklar deneme alanının kuzey-doğu ve güney-doğu sınırlarına yakın yerlerde iken, en yüksek YSİ değerleri deneme alanının orta ve güney-batı bölümlerinde yer almaktadır.



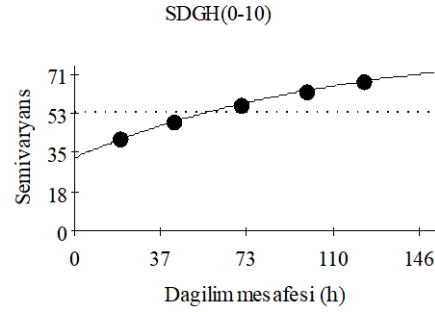
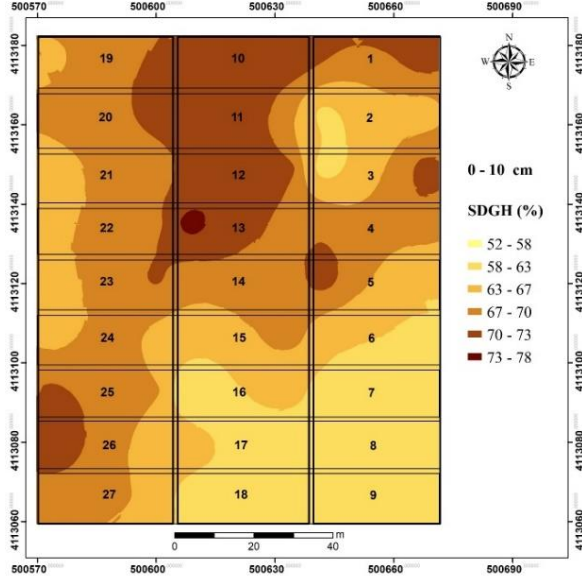
Şekil 5. Deneme alanı yüzey ve yüzey altı topraklarının yarıyıllı su içeriği değerlerine ait mekânsal dağılım haritaları ve ilgili yarı-variogram modelleri

Deneme alanı topraklarının su dolu gözenek hacmi değerlerinin arazi içindeki değişkenliğini gösteren haritaları ve bu haritaların oluşturulmasında kullanılan yarı-variogram modelleri Şekil 6a ve 6b’de gösterilmiştir. Topraklarda su dolu gözenek hacmi (SDGH), toprağın toplam hacminin su ile dolu olan gözenek hacmine oranını ifade eden bir ölçüdür. Bu oran, topraktaki su içeriğini ve drenaj durumunu değerlendirmek için önemli bir parametredir. Toprağın SDGH değerleri, potansiyel karbon ve azot mineralizasyonunu ve genel toprak biyolojik aktivitesi hakkında fikir edinmek için kullanılan bir göstergedir. SDGH’ni hesaplayabilmek için tekstür, agregatlaşma ve organik madde ile ilişkili olan toplam

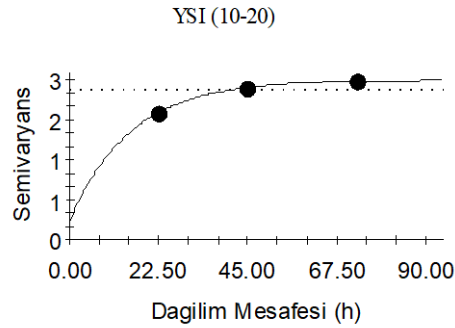
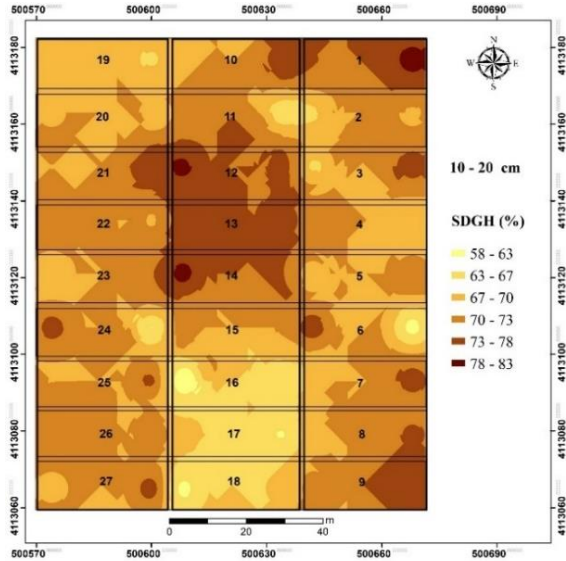
gözeneklilik bilgisine gereksinim vardır. Organik maddece zengin olan Mollisol bir toprakta karbon mineralizasyonu için optimum SDGH, % 60 olarak belirtilmiştir. SDGH değerleri % 30–70 aralığında iken her birim artış veya azalış ile CO₂ ve N₂O üretimi doğrusal olarak değişmiştir (Linn ve Doran, 1984). Organik madde içeriğinin bir miktar düşük olduğu Ultisol bir toprakta ise optimum azot mineralizasyonu için SDGH değerleri, % 42±3, toprak mikrobiyal biyokütle karbonunun özgül solunum aktivitesi için % 51±22, kümülatif karbon mineralizasyonu için 60±7% ve toprak mikrobiyal biyokütle karbonu için % 76±24 optimize edilmiştir (Franzleubbers, 1999). Deneme alanında, SDGH değerleri güney-batı bölümünde % 60’ın altında iken geri

kalan alanın nerede ise tamamında %60'ın üzerindedir (Şekil 6a). Yüzey altındaki SDGH değerleri, yüzeye göre daha yamalı bir desene sahiptir. Bununla birlikte genel

olarak SDGH'nin yüksek ve düşük olduğu bölgelerin birbirine benzer olduğu görülmektedir (Şekil 6b).



Exponential model ($C_0 = 33.1000$; $C_0 + C = 84.5800$; $A_0 = 111.20$; $r^2 = 0.999$; $RSS = 0.307$)



Exponential model ($C_0 = 0.3250$; $C_0 + C = 2.7850$; $A_0 = 15.40$; $r^2 = 1.000$; $RSS = 4.328E-06$)

Şekil 6. Deneme alanı yüzey ve yüzey altı toprakların su dolu gözenek hacmi değerlerine ait mekânsal dağılım haritaları ve ilgili yarı-variogram modelleri

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, 12 dekarlık bir alandaki toprakların çeşitli fiziksel toprak özellikleri analiz edilmiş ve kil içeriği, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, yarayıslı su içeriği ve su dolu gözenek hacminin arazi içindeki değişkenliği jeostatistiksel yöntemler kullanılarak modellenmiş, örneklenmeyen noktalar için tahminler

yapılmış ve haritalanmıştır. Toprakların kil içeriğinin yüksek olması, su tutma kapasitesini ve diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğini etkilemektedir. Bu durum, deneme alanında kil içeriği ile ilişkili olan diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğinde kısa mesafelerde değişkenlik göstermesine yol açmaktadır.

Toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilen agregat stabilitesinin düşük olması, şiddetli yağmurların olduğu dönemlerde toprak erozyonuna neden olabilir. Bu çalışmada, agregat stabilitesinin yüzey topraklarında daha düşük olduğu ve çalışma alanının orta ve batı bölümlerinde sorun teşkil edebilecek seviyelerde olduğu görülmüştür. Toprak sıkışmasını değerlendirmek için kullanılan hacim ağırlığının yüksek olduğu lokasyonlarda, pamuk gibi kazık köklü bitkilerin köklerinin penetrasyonu ve suyun aşağı katlara iletimini zorlaştırabilir. Bu çalışmada, çalışma alanının orta ve batı bölümlerinde hacim ağırlığı değerlerinin köklerin penetrasyonu ve suyun iletimini engelleyebilecek seviyelerde olduğu görülmüştür.

Bitki kullanımı için mevcut su miktarını ölçen yarayışlı su içeriği değerleri, çalışma alanının kuzey-doğu ve güney-doğu sınırlarına yakın yerlerde oldukça düşüktür. Yarayışlı su içeriği için oluşturulan mekânsal dağılım haritası, sulama yönetimi açısından dikkatli olunması gereken yerleri net bir şekilde ortaya koymaktadır. Su dolu gözenek hacmi, topraktaki mikrobiyal aktivitenin yoğunluğunu gösteren bir parametredir. Düşük değerler, toprak biyolojik çeşitliliğini ve işlevini olumsuz etkileyebilir. Bu çalışmada, çalışma alanının güney-batı bölümünde su dolu gözenek hacmi değerlerinin % 60'ın altında olduğu ve bu bölgede toprak biyolojik aktivitesinin daha düşük olabileceği görülmüştür.

Toprakların fiziksel özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle haritalanması, geniş alanlarda toprak oluşumu ve sınıflandırılmasını anlamamıza yardımcı olurken, bu çalışma gibi daha küçük alanlardaki çalışmalarda elde edilen bulgular, su tutma kapasitesi ve erozyon direnci gibi tarımsal önem taşıyan özelliklerin modellenmesinde kullanılabilir. Bu bilgiler, sulama ve gübreleme gibi tarımsal uygulamaların daha etkin planlanmasına destek sağlarken, arazi yönetimi konusunda da erozyon ve su

kirliliği gibi sorunların ele alınmasına yardımcı olabilir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 121O433 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Açıklama

Bu çalışma, birinci yazar Merve DURMAZ'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Abakay, O., Günel, H., 2023. Ergani ovasında bazı toprak özelliklerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde lokal polinomal interpolasyon ve deneysel bayesyen kriging yöntemlerinin karşılaştırılması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(4): 654-668.
- AbdelRahman, M.A., Zakarya, Y.M., Metwaly, M.M., Koubouris, G., 2020. Deciphering soil spatial variability through geostatistics and interpolation techniques. *Sustainability*, 13(1): 194.
- AbdelRahman, M.A., Zakarya, Y.M., Metwaly, M.M., Koubouris, G., 2020. Deciphering soil spatial variability through geostatistics and interpolation techniques. *Sustainability*, 13(1): 194.

- Adhikari, K., Guadagnini, A., Toth, G., Hermann, T., 2009. Geostatistical analysis of surface soil texture from Zala County in western Hungary. *Proceedings of International Symposium on Environment, energy, and water in Nepal: Recent researches and direction for future*; Mar 31–Apr 1; Kathmandu; p. 219–224.
- Al-Shammary, A.A.G., Kouzani, A.Z., Kaynak, A., Khoo, S.Y., Norton, M., Gates, W., 2018. Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere*, 28(4): 581-596.
- Angers, D.A., Bullock, M.S., Mehuys, G. R., 2008. Aggregate stability to water. *Soil Sampling and Methods of Analysis*, 2: 811-819.
- Arthur, E., Tuller, M., Norgaard, T., Moldrup, P., de Jonge, L.W., 2019. Improved estimation of clay content from water content for soils rich in smectite and kaolinite. *Geoderma*, 350: 40-45.
- Bilgili, A.V., Çulu, MA., Küçük, Ç., Almaca, A., Öztürkmen, AR. 2015. Harran Ovası farklı toprak serilerinde toprak kalite indeksi (skor fonksiyonu) kullanarak toprakların kalitelerinin değerlendirilmesi ve takip edilme potansiyelinin araştırılması. TUBITAK Projesi; TOVAG 1110706. s.69.
- Birol, M., Günel, H., 2022. Field scale variability in soil properties and silage corn yield. *Soil Studies*, 11(1): 27-34.
- Blake, G.R., Hardge, K.H. 1986. "Bulk Density" In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition, Agronomy Monograph No.9, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 363-375.
- Blaschek, M., Roudier, P., Poggio, M., Hedley, C.B., 2019. Prediction of soil available water-holding capacity from visible near-infrared reflectance spectra. *Scientific Reports*, 9(1): 12833.
- Bone, J., Head, M., Barraclough, D., Archer, M., Scheib, C., Flight, D., Voulvoulis, N., 2010. Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. *Environment International*, 36: 609–622.
- Borůvka, L., Donátová, H., Němeček, K., 2002. Spatial distribution and correlation of soil properties in a field: a case study. *Plant, Soil and Environment*, 48(10): 425-432.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Budak, M., Günel, H., Sırrı, M., Acir, N. 2023. Characterization of Surface and Groundwater Resources in Yüksekova Basin. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 784–797.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5): 1501-1511.
- Cassel, D.K., Nielsen, D.R., 1986. Field capacity and available water capacity. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5: 901-926.
- Celik, I., Günel, H., Acir, N., Barut, Z. B., Budak, M., 2021. Soil quality assessment to compare tillage systems in Cukurova Plain, Turkey. *Soil and Tillage Research*, 208: 104892.
- Danielson, R.E., Sutherland, P.L., 1986. Porosity. *Methods of soil analysis: part 1 physical and mineralogical methods*, 5: 443-461.
- Datta, S., Taghaveian, S., Stivers, J. 2018. Understanding Soil Water Content and Thresholds for Irrigation Management. Oklahoma State Univ. Fact Sheet. BAE-1537. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/understanding-soil-water-content-and-thresholds-for-irrigation-management.html> (Erişim tarihi: 01.01.2024).

- Fattani, S., Forka, C. A., Garcia, M., Huynh, T., Merricks, T., Robinson, M., Sanders, C., 2021. Soil moisture and porosity affects the abundance and distribution of *Ageratum houstonianum*. *Pursue: Undergraduate Research Journal*, 4(1): 1.
- Fichtner, T., Goersmeyer, N., Stefan, C., 2019. Influence of soil pore system properties on the degradation rates of organic substances during soil aquifer treatment (SAT). *Applied Sciences*, 9(3): 496.
- Franzluebbers, A.J., 1999a. Microbial activity in response to water-filled pore space of variably eroded southern Piedmont soils. *Applied Soil Ecology*, 11: 91–101.
- Goovaerts, P., 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89(1-2): 1-45.
- Goovaerts, P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 315-334.
- Günel, H., Budak, M. 2022b. Toprak Kalitesi ve Ekosistem Hizmetleri Arasındaki İlişkinin İrdelenmesi. In *Toprak Kalitesi ve Değerlendirilmesi*. p. 45-66. Ankara, Iksad Publishing House.
- Gündoğan, R., 2023. Şanlıurfa topraklarının özellikleri ve kullanımı. Editör: Altop, E.K. Tarımsal teknoloji ve ekosistemlerde ileri uygulamalar: Verimlilik, Çevresel Etkiler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. sayfa: 61-102. Iksad Publications. Ankara.
- Halder, M., Liu, S., Zhang, Z. B., Guo, Z. C., Peng, X.H., 2022. Effects of organic matter characteristics on soil aggregate turnover using rare earth oxides as tracers in a red clay soil. *Geoderma*, 421: 115908.
- Hanson, B., Orloff, S., Peters, D., 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *California Agriculture*, 54(3): 38-42.
- İnci, Y., Gündoğan, R., Bilgili, A.V., Ramazanoğlu, E. 2026. Morphological, physical and chemical characteristics, classification and evaluation of soils formed on common parent materials in şanlıurfa for forensic applications. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 891–903.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., Whisler, F.D., 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69(4): 1338-1350.
- Kara, Z., Aydemir, S., Saltalı, K., 2022. Rehabilitation of light textured soils with olive pomace application. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2): 316-325.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986. “Aggregate stability and size distribution”, In: Klute A, (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. Madison, WI. p 425-42.
- Keshavarzi, A., Tuffour, H.O., Brevik, E. C., Ertunç, G., 2021. Spatial variability of soil mineral fractions and bulk density in Northern Ireland: Assessing the influence of topography using different interpolation methods and fractal analysis. *Catena*, 207: 105646.
- Khan, F.U., Khan, A.A., Li, K., Xu, X., Adnan, M., Fahad, S., Zaman, F., 2022. Influences of long-term crop cultivation and fertilizer management on soil aggregates stability and fertility in the Loess Plateau, Northern China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(2): 1446-1457.
- Klute, A. 1986. “Water Retention”, *Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron.*, 635-660, Madison.
- Lark, R.M., Rawlins, B.G., Robinson, D. A., Lebron, I., Tye, A.M., 2014. Implications of short-range spatial variation of soil bulk density for adequate field-sampling protocols: methodology and results from two contrasting soils. *European Journal of Soil Science*, 65(6): 803-814.

- Linn, D.M., Doran, J.W. 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of America Journal*, 48(6): 1267-1272.
- McColl, K.A., Alemohammad, S.H., Akbar, R., Konings, A.G., Yueh, S., Entekhabi, D., 2017. The global distribution and dynamics of surface soil moisture. *Nature Geoscience*, 10(2): 100-104.
- Mekala, C., Nambi, I.M. 2017. Understanding the hydrologic control of N cycle: Effect of water filled pore space on heterotrophic nitrification, denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium mechanisms in unsaturated soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 202: 11-22.
- MGM, 2024. İllerimize ait genel istatistik verileri. Şanlıurfa ili. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SANLIURFA> (Erişim tarihi: 10.01.2024).
- Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2001. Soil spatial variability (pp. 343-77). *Soil physics companion*. Boca Raton: CRC Press.
- Oliver, M.A., Webster, R., 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *Catena*, 113: 56-69.
- Rivera, J.I., Bonilla, C.A., 2020. Predicting soil aggregate stability using readily available soil properties and machine learning techniques. *Catena*, 187: 104408.
- Robinson, D.A., Thomas, A., Reinsch, S., Lebron, I., Feeney, C.J., Maskell, L.C., Cosby, B.J., 2022. Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum. *Scientific Reports*, 12(1): 7085.
- Sirri, M., Fidan, M., Budak, M. 2023. Soil factors affecting the distribution of weed flora in the wheat fields of Yüksekova basin. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 855-869.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K., 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1): 7-31.
- Stehfest, E., Heistermann, M., Priess, J.A., Ojima, D.S., Alcamo, J., 2007. Simulation of global crop production with the ecosystem model DayCent. *Ecological Modelling*, 209(2-4): 203-219.
- Tanner, S., Katra, I., Argaman, E., Ben-Hur, M., 2021. Mechanisms and processes affecting aggregate stability and saturated hydraulic conductivity of top and sublayers in semi-arid soils. *Geoderma*, 404: 115304.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Uehara, G., 1986. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, 38: 45-94.
- Tripathi, R., Nayak, A.K., Shahid, M., Raja, R., Panda, B.B., Mohanty, S., Sahoo, R. N., 2015. Characterizing spatial variability of soil properties in salt affected coastal India using geostatistics and kriging. *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 10693-10703.
- Usonowicz, B., Lipiec, J., 2017. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174: 241-250.
- Wang, Y., Zhang, J.H., Zhang, Z. H., 2015. Influences of intensive tillage on water-stable aggregate distribution on a steep hillslope. *Soil and Tillage Research*, 151: 82-92.
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 52(2): 331-340.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys.
- Yang, Y., Zhang, Y., Yu, X., Jia, G., 2023. Soil microorganism regulated aggregate stability and rill erosion resistance under different land uses. *Catena*, 228: 107176.

Zaffar, M., Sheng-Gao, L.U., 2015. Pore size distribution of clayey soils and its correlation with soil organic matter. *Pedosphere*, 25(2): 240-249.

Zhao, D., Wang, J., Zhao, X., Triantafilis, J., 2022. Clay content mapping and uncertainty estimation using weighted model averaging. *Catena*, 209: 105791.

Atıf Şekli: Durmaz, M., Günel, H., Budak, M., Çelik, İ., 2024. Harran Ovası'nda Tarla Ölçeğinde Toprak Fiziksel Özelliklerinin Mekânsal Değişkenliği. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 241–264.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11632418>.

To Cite: Durmaz, M., Günel, H., Budak, M., Çelik, İ., 2024. Field Scale Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Harran Plain. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 241–264.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11632418>.

MAS

Journal of Applied Sciences
Uygulamalı Bilimler Dergisi

ISSN: 2757-5675
masjaps.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11635004>

Derleme Makalesi / Review

Coated Urea Fertilizers: A Comprehensive Review on Slow-Release Nitrogen Fertilizers

Kemal Yalçın GÜLÜT^{1*} 

¹ Cukurova University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Adana

*Corresponding author: kygulut@cu.edu.tr

Received: 20.01.2024

Accepted: 28.02.2024

Abstract

This review explores the important findings of recent research on slow-release nitrogen fertilizers (SRNFs) as a response to concerns about unsustainable nitrogen use in agriculture. By analyzing recent scholarly literature, the paper investigates how SRNFs, which utilize coatings to deliver nutrients gradually, can improve nutrient utilization efficiency and minimize environmental impact compared to conventional fertilizers. The review examines various coating materials, including inorganic minerals, synthetic polymers, and biodegradable polymers, highlighting the advantages and limitations of each. Biodegradable polymers emerge as a promising and sustainable alternative due to their eco-friendly nature. The analysis reveals that SRNFs can enhance plant growth, optimize nutrient use efficiency, and reduce environmental pollution from fertilizers. However, challenges remain in precisely controlling nutrient release rates and aligning them with plant growth stages. This review underscores the potential of SRNFs as a sustainable solution for nitrogen management in agriculture, while acknowledging areas for further research.

Keywords: Slow-release nitrogen fertilizer, nutrient utilization efficiency, biodegradable polymers

1. Introduction

The increasing global population, which is expected to be 9.7 billion in 2050, necessitates increased food and fiber production, leading to a more intensive use of inputs like fertilizers, water, and pesticides to support this demand. Nitrogen stands as the most crucial element and primary input for ensuring crop health, fostering proper growth, development, and production. Often it is required in larger quantities than all other mineral elements combined, highlighting its essential role in various physiological processes within plants (Islam et al., 2019; Kharazmi and Tan, 2021; Lawrencina et al., 2021). In 1970, the global consumption of nitrogen in agriculture was 32 million tons, which increased to 100 million tons in 2010 and further reached 195 million tons in 2021. Nitrogen fertilizers account for approximately 56 % of global fertilizer consumption, followed by phosphate and potash fertilizers with 24 % and 20 % shares, respectively (Statista, 2024). However, excessive N application in agricultural lands led to reduced nitrogen use efficiency by plants, deterioration of surface and groundwater quality, and significant greenhouse gas emissions from agricultural soils (Vitousek et al., 2009).

Urea, an artificial fertilizer, boasts the widest global usage due to its unparalleled nitrogen content (46 %), surpassing all other solid nitrogenous fertilizers. Additionally, it exhibits the highest water solubility among them. Owing to its rich nitrogen composition, urea delivers a greater quantity of nitrogen to both plants and soil compared to alternative nitrogenous fertilizers (Beig et al., 2020). Significant losses of conventional urea fertilizer occur through leaching, decomposition, and ammonia volatilization, with estimates ranging from 20 % to 70 % ending up in soil, water, or the atmosphere. This not only pollutes the environment but also reduces fertilizer effectiveness and increases toxicity levels, harming plant growth and food safety (Naz and Sulaiman,

2016; Duan et al., 2023). Therefore, improving urea utilization is crucial to maximize crop yields while minimizing the adverse environmental impact (Gülüt and Şentürk, 2024). Recognizing the potential of slow-release fertilizers (SRFs) to address unsustainable nitrogen use, researchers are actively developing slow-release nitrogen fertilizer (SRNF) production technologies (Ni et al., 2011; Zhao et al., 2020; Jiang et al., 2024). Polymer-based controlled-release fertilizers offer a multifaceted green solution. By controlling the release rate of nitrogen, this technology optimizes nutrient uptake by plants, minimizing nitrogen loss through volatilization and leaching (Remya et al., 2021).

Researchers and fertilizer manufacturers have become increasingly concerned about the unsustainable use of nitrogen, particularly its impact on natural resources. In an effort to address these issues, they have been developing environmentally friendly nitrogen fertilizers, including SRNFs. By reducing the solubility rate, SRFs provide nutrients to plants at a slower rate, thereby extending the period of availability. SRFs offer several advantages, including improved crop nutrition due to a consistent nutrient supply, reduced labor costs from fewer fertilizer applications, and minimized environmental impact due to reduced nutrient leaching. Improving nutrient utilization and limiting nutrient loss can lead to a decrease in fertilizer application rates by 20 to 30 percent, while maintaining the same yield (Gil-Ortiz et al., 2020).

Despite the numerous advantages of SRFs, they also have specific drawbacks that impede their widespread use. The SRFs, while designed to deliver nutrients gradually, exhibit limitations in precisely controlling the release rate, pattern, and duration. These limitations stem from external factors that significantly influence nutrient release. These factors include handling conditions, such as storage, transportation, and field application, as well as soil characteristics like moisture content

and biological activity (Rajan et al., 2021). One significant limitation of SRFs is the testing difficulties. There is no consistent, standardized method to assess the rate at which nutrients are released from SRF products. Moreover, laboratory findings frequently do not accurately represent the performance of SRFs in practical scenarios, complicating the decision-making process for consumers (Trenkel, 2010). SRFs have a notable drawback in terms of environmental issues, which is the second most significant limitation. Certain SRFs, such as sulfur-coated urea, can result in a considerable increase in soil acidity. Moreover, SRFs that depend on synthetic polymer coatings may exhibit slow degradation, thereby posing potential risks of pollution. Enhancing nutrient utilization efficiency is a significant advantage of utilizing SRFs; however, the ongoing nutrient release from SRFs post-harvest results in a phenomenon known as tailing, leading to nutrient wastage. This may result in inefficiencies and pose potential environmental risks (Shaviv, 2010). The use of SRFs in agriculture is currently limited due to their higher production costs compared to conventional fertilizers. Therefore, while SRFs offer many advantages, their limitations must be carefully considered and managed to ensure their sustainable and effective use in agriculture and practices. This review explores the principles, types, benefits, and potential drawbacks of slow-release nitrogen fertilizers (SRNFs).

2. General characteristics of coated slow-release fertilizers

The concept of SRFs lies in their ability to gradually release nutrients over time, mimicking the natural nutrient cycling processes in the soil. This controlled release is achieved through various mechanisms, including, coating, impregnation and chemical modification. One technique for producing SRFs involves encapsulating granular fertilizers within a coating of material, with low water solubility or insolubility and is typically a polymeric

membrane. This membrane acts as a controlled-release barrier, regulating the diffusion of nutrients from the fertilizer core (Zhao et al., 2020). Various techniques can be utilized to apply coatings of granular fertilizers, such as immersion, liquid spraying, precipitation from supercritical fluids, and powder deposition using an electrostatic method. The most commonly used methods for coating fertilizers are immersion and liquid spraying onto the substrate. In general, liquid spraying is done within a coating pan (rotary drum) or a fluid bed coater (Naz and Sulaiman, 2016). The coated fertilizers utilize a core-shell structure. This innovative approach shields the fertilizer core with a protective outer layer, minimizing immediate dissolution and ensuring sustained nutrient availability (Kassem et al., 2024).

Coating is a popular method for developing SRFs due to its simplicity, efficiency, and most importantly, its ability to precisely control nutrient release rates through variations in coating thickness (Jiang et al., 2024). The quality of the final polymer coating on SRFs depends on a several factors. These factors can be broadly categorized into three groups: coating material properties (e.g., viscosity), fertilizer granule properties (e.g., shape, size), and the coating process itself (Kassem et al., 2024). The choice of coating material significantly impacts the release rate of nutrients in SRFs. This influence stems from the varying permeability characteristics of different materials. Polymers with a higher water absorption capacity, for instance, tend to release nutrients at a slower rate. This is because the water acts as a medium for nutrient diffusion from the core fertilizer through the coating (Azeem et al., 2020). Researchers have investigated a diverse range of coating materials to optimize the development of SRFs. The development of SRFs relies heavily on choosing the right coating materials. The controlled release of nutrients from polymer coatings is a complex process that is influenced by

various factors. The properties of the polymer, such as its hydrophilicity and concentration, are crucial in determining the rate of nutrient release. Higher polymer concentrations typically result in thicker coatings, which can impede the diffusion of nutrients. Additionally, the coating process itself, including the viscosity of the solution and the use of modifying agents, can impact the porosity and movement of nutrients. The number of coating layers applied, and the application technique used also play a role in determining the structure of the final coating, particularly its thickness and porosity. The thickness of the coating plays a critical role in nutrient release. Thinner coatings offer less resistance, allowing nutrients to readily reach the surrounding environment. Conversely, thicker coatings act as a barrier, slowing down the release rate and extending the overall release time (Tomaszewska, 2002; Channab et al., 2023). In addition to the thickness of the coating, the concentration of polymer in the coating directly impacts how quickly nutrients leave the fertilizer granules. Higher polymer concentrations create thicker, denser coating layers. These thicker layers act as a barrier, hindering the diffusion of water and nutrients out of the granules, consequently slowing down the release rate (Channab et al., 2023). Furthermore, formulation and hydrophobicity of polymers, types of soils which coated fertilizers applied, the viscosity of the polymers, temperature and moisture of soils are other important factor affecting the solubility rate of SRFs (Salimi et al., 2023).

Controlled release of nutrients from fertilizers coated with polymers has been modelled by Shaviv et al. (2003) to specifically investigate the diffusion process responsible for nutrient release from individual slow-release fertilizer granules. The following section summarizes the key findings of their investigation. The SRFs demonstrate a nutrient release profile characterized by three distinct phases: an initial lag period,

followed by constant release, and finally a decay period. Initially, water vapor permeates through the cracks in the coating, gradually penetrating the fertilizer core. While some fertilizer may dissolve during this phase, significant release is not observed. In the case of hydrogels, they absorb water and swell, indicating the time required to saturate internal voids with a critical water volume or achieve equilibrium between water inflow and solute outflow. As water infiltration continues, more fertilizer dissolves within the core, resulting in increased internal osmotic pressure and a saturated solution volume. This facilitates a controlled release of nutrients through either the coating cracks or the expanded hydrogel network. As long as the core solution remains saturated, the diffusion rate into the surrounding soil remains steady. However, excessive pressure buildup may lead to coating rupture and a sudden release of nutrients. In the final phase, most of the fertilizer has dissolved and been released, causing a decrease in the concentration gradient and driving force for diffusion, resulting in a gradual reduction in the release rate (Shaviv et al., 2003).

3. Types of coated slow-release nitrogen fertilizers

A diverse range of natural and synthetic polymers are employed as coating materials in fertilizer production. The coating materials used in the development of slow-release nitrogen fertilizers (SRNFs) generally can be broadly categorized into three functional groups based on their composition: 1) inorganic mineral compounds, 2.) petroleum-based synthetic polymers, and 3.) natural biodegradable polymers (Duan et al., 2023). It's important to consider that natural polymers degrade over time, which can influence the rate at which nutrients are released. In contrast, synthetic polymers are more stable and offer a more consistent release of nutrients. Ultimately, the best polymer choice depends on the specific application and the

desired nutrient release profile (Ma and Wen, 2020).

3.1. Slow-Release Fertilizers Coated with Inorganic Minerals

Inorganic coating materials include minerals such as sulphur (Babadi et al., 2021; Asghar et al., 2022; El-Hassanin et al., 2024), gypsum (Babadi et al., 2021; El-Hassanin et al., 2024), hydroxyapatite (Bhavani et al., 2020), phosphogypsum (Vashishtha et al., 2010), zeolite (Dubey and Mailapalli, 2019; El-Hassanin et al., 2024) and bentonite (Babadi et al., 2021; Umar et al., 2022; Neto et al., 2023). Despite its initial appeal as a low-cost, secondary nutrient source, sulfur has limitations as a urea coating material. Sulfur-coated urea suffers from two key drawbacks: poor attrition resistance due to its inherently brittle nature, and susceptibility to disruption by soil microorganisms, leading to an irregular release pattern (Beig et al., 2020). A recent study by El-Hassanin et al. (2024) focused on creating sustainable slow-release nitrogen fertilizers. They employed various coating materials derived from agro-industrial waste products, including sugarcane and beet filter cakes (mud), alongside conventional materials like sulfur, gypsum, and zeolite. The study revealed significant variations in released nitrogen levels, influenced by three key factors: soil type, nitrogen source, and the coating material employed. Phosphogypsum, a byproduct extensively produced by the phosphorus fertilizer industry, primarily comprises calcium sulfate dihydrate. This versatile material has been used in construction materials, agriculture, and even the extraction of rare earth elements (Akfas et al., 2024). In a previous investigation, the potential of phosphogypsum to improve nitrogen fertilizer efficiency was explored by Vashishtha et al. (2010). The researchers examined a coating method utilizing phosphogypsum, neem oil, and polymeric suspensions applied to urea. Their results indicated that the phosphogypsum slurry

formed a fine coating on the urea particles, effectively reducing nitrogen loss through denitrification. This approach facilitated a more controlled and sustained release of nitrogen, better aligning with the nutrient demands of crops over time. A field study conducted by Shivay et al. (2016) in India investigated the effects of coating urea with elemental sulfur, gypsum, or phosphogypsum on rice yield and nitrogen use efficiency. The results revealed significant yield improvements for all coated urea variants compared to the control. The grain yield of rice increased by 12.08 % with elemental sulfur, 6.78 % with gypsum, and 6.14 % with phosphogypsum. The sulfur-coated urea displayed the most substantial yield increase, nearly double that of gypsum or phosphogypsum coatings. Total nitrogen uptake by the rice plants also had a positive response to the coatings of urea fertilizer. Gypsum and phosphogypsum coatings increased nitrogen uptake by approximately 10 %, while sulfur-coated urea achieved a remarkable 20 % increase compared to the control.

The inherent hydrophilicity of most biopolymers presents a significant challenge in their application for controlled-release formulations. This characteristic facilitates rapid water uptake and nutrient release, often exceeding the desired timeframe. To address this limitation and broaden their applicability, researchers have explored various strategies to enhance the hydrophobic character of biopolymers. These strategies aim to create a more robust barrier for controlled nutrient release, aligning better with the specific needs of the formulation (Fertahi et al., 2021). Various minerals, including hydroxyapatite, bentonite, zeolite, and attapulgite, have been investigated for their potential to serve as soil conditioners as well as coating material of readily soluble fertilizers. These minerals could improve both the physical and chemical characteristics of soil, in addition to possessing ion-exchange properties that are beneficial for promoting

plant growth (Manjaiah et al., 2019). In the context of SRNF (slow-release nitrogen fertilizer) production, clay minerals are often employed in conjunction with biodegradable materials like lignin and chitosan rather than solely as coating agents. This strategy aims to enhance the resistance of biodegradable materials to rapid degradation. The primary reasons for favoring clay minerals in these blends include their accessibility, affordability, and non-toxicity (Eddarai et al., 2022). Neto et al. (2023) developed two variants of urea controlled-release fertilizers utilizing carnauba wax, commercial granulated urea, and natural and sodium bentonite, respectively. The first variant employed the mechanochemical approach, which entailed mixing different proportions of commercial granulated urea, natural bentonite, and sodium bentonite to form fertilizer bars. Conversely, the second variant utilized the dip-coating technique to apply coatings with varying compositions of natural bentonite, sodium bentonite, and carnauba wax onto urea bars. The fertilizers generated via the dip-coating method exhibited even lower cumulative urea release than those produced through the mechanochemical method. Carnauba wax and bentonite (both natural and sodium-modified) exhibit potential as materials for crafting innovative urea controlled-release fertilizers. Zeolite emerged as the most effective coating material, promoting steady and adequate nitrogen supply across all tested nitrogen fertilizers throughout the incubation period. Conversely, beet mud treatments exhibited the lowest initial release, but a gradual increase in nitrogen release over time. These findings suggest that beet and sugarcane mud hold promise as environmentally friendly and cost-effective coating materials for slow-release fertilizers. Importantly, all coated fertilizers demonstrated sustained nitrogen release throughout the incubation period, highlighting their potential for practical agricultural applications.

3.2. Slow-Release Fertilizers Coated with Synthetic Polymers

Synthetic polymers are categorized into two main groups: Olefin and Resin. Polyethylene, polyvinyl chloride, polypropylene, polyvinyl alcohol, and polystyrene are some common olefin polymers used in fertilizer coatings. Pulse aldehyde resin, polyurethane, alkyd resin, urea formaldehyde resin, polyamide, and polysulfone are examples of resin group polymers. They provide superior mechanical strength and chemical resistance, protecting fertilizer granules from physical damage and harsh environments (Yuan et al., 2022; Kassem et al., 2024). The main disadvantages of using petroleum-based synthetic polymers such as polyethylene, polystyrene polyolefin (Chen et al., 2008; Tian et al., 2019), polypropylene, polyvinyl chloride (Ma et al., 2014), resin (Ge et al., 2024) and polysulfones and polystyrene as coating materials in SRFs production are their inability to biodegrade and the cost. Since these coating materials, which cannot biologically decompose, can remain in the soil after releasing the nutrients for many years, they pose a risk of pollution, thus limiting their usage (Lawrencina et al., 2021). The use of non-biodegradable synthetic materials in fertilizer coatings could lead to a concerning accumulation rate of approximately 50 kg/ha/yr of undesirable residues in the soil (Trenkel et al., 2010). Chen et al. (2008) investigated the efficiency of polyolefin-coated fertilizers as slow-release nitrogen sources for cotton. Compared to urea, polyolefin-coated fertilizer, applied pre-sowing, offered advantages: it maintained higher soil ammonium levels for longer, minimizing nitrate accumulation and potential losses. In another study, Xu et al. (2013) compared non-coated urea with polyolefin-coated urea, at 75 and 150 kg N/ha doses, in terms of ammonia volatilization losses, floodwater ammonium (NH_4^+) levels, and nitrogen accumulation in rice tissue. Non-coated urea application led

to a rapid rise in floodwater NH_4^+ and pH within 7-10 days, followed by a sharp decline, indicating substantial nitrogen loss (16-30% of total applied nitrogen) due to ammonia volatilization. Conversely, polyolefin-coated urea exhibited slower nitrogen release, thereby better matching the nitrogen demand of rice crops throughout the season. This resulted in increased nitrogen accumulation in aboveground rice biomass. Application of polyolefin-coated urea at a rate of 75 kg N/ha provided optimal nitrogen levels for both early and late rice crops while minimizing ammonia volatilization losses.

3.3. Slow-Release Fertilizers Coated with Natural Biodegradable Polymers

The European Union enforces strict regulations on SRFs. As of mid-2021, the EU banned the use of microplastics in urea fertilizer coatings. This regulation aims to conserve soil health and water resources from potential contamination by non-biodegradable microplastics. Looking forward, only biodegradable materials will be authorized for use in fertilizer coatings starting in 2026 (Anonymous, 2024). The SRFs coated using natural biodegradable polymers include natural rubber, offering flexibility and water resistance; Arabic gum, a water-soluble binder that enhances nutrient dispersion; and gelatin, a biodegradable material promoting controlled nutrient release. Seaweed-derived sodium alginate improves water retention and nutrient availability, while cellulose from plant cell walls provides strength and biodegradability with controlled release. Lignin (Wang et al., 2021), another plant cell wall component, offers similar benefits. Lignin's natural affinity for water (hydrophilicity) necessitates acetylation for use in fertilizer coatings. This approach not only utilizes a renewable resource, reducing environmental impact, but also offers a cost-effective alternative to synthetic polymers (Seddighi et al., 2023). Chen et al. (2023) successfully developed an advanced fertilizer coating called hydrophobic lignin-

based polyurethane coated urea (HLPCU) by incorporating carbon black and polysiloxane. These additives were used to modify liquefied lignin-based polyurethane and significantly enhance its water-repelling properties. Compared to conventionally treated urea (TU), HLPCU treatment led to impressive improvements in cabbage plant growth. Plants treated with HLPCU exhibited increases of 29.68 % in height, 21.64 % in stem thickness, 15.34 % in SPAD value (a measure of chlorophyll content), 32.19 % in above-ground dry weight, and a remarkable 49.36 % increase in subterranean dry weight.

Starch, a common polysaccharide, acts as a binder and extender, enhancing nutrient dispersion and controlled release (Yuan et al., 2023). Starch, a naturally occurring, renewable biopolymer, holds significant promise for agricultural applications due to its biodegradability, abundance, and environmentally friendly nature (Naz and Sulaiman, 2017). In urea coatings, starch can play a multifaceted role. It can act as a modifier, binder, or sealant for chitosan, effectively plugging up pores on the surface of the urea granule (Savitri et al., 2019). Specifically, starch-based hydrogels offer a compelling solution for improving soil moisture retention. Their hydrophilic nature, unique network structure, and ability to form strong hydrogen bonds with water molecules allow them to act as water reservoirs within the soil (Fertahi et al., 2021). Researchers like Uzoh et al. (2019) explored the methods for creating SRNFs using biodegradable and renewable resources. They encapsulated urea fertilizer granules with bio-composites derived from castor seed oil or rubber seed oil, combined with cassava starch. These bio-composites were further modified using sorbitol, maleic anhydride, and phthalic anhydride. The study evaluated how these modifying agents influenced the release rate of nitrogen from the SRNF. They demonstrated that the synthesized SRNF effectively slows down nitrogen release, potentially improving fertilizer efficiency.

Humic acid, derived from soil organic matter, improves soil structure and nutrient retention. Natural resins (Uzoh et al., 2019; Ge et al., 2023), like rosin from pine trees, provide water resistance and controlled release. Chitosan (Ma et al., 2023), a derivative of crustacean shells, boasts biodegradability, antimicrobial properties, and aids nutrient uptake. Rosin, a natural pine tree resin, provides water resistance and controlled release. Vegetable oils act as lubricants and extenders, while beeswax and tar offer water resistance and controlled release. In a recent study by Jiang et al. (2024), researchers explored the use of biodegradable materials to create a novel SRNF. This eco-friendly SRNF utilizes acrylate epoxidized soybean oil, a biobased component, to encapsulate urea granules. This encapsulation technique effectively delayed the release of nitrogen. The positive impact of SRNF on corn growth was demonstrated through a controlled experiment. Compared to plants fertilized with conventional urea, corn treated with SRNF exhibited significant enhancements in root and plant length by up to 114 % and 52 %, respectively, during the initial 20 days of growth. Ghumman et al. (2022) developed a new type of SRF that enriched urea with sulfur. This innovative fertilizer used Poly(S-RSO), a sustainable, water-repellent, and naturally degradable copolymer derived from sulfur and rubber seed oil. A dip coating technique was used in its production. To evaluate the slow-release properties, researchers conducted two sets of tests. In the first, they submerged coated fertilizers with varying thicknesses (165, 254, and 264 micrometers) in distilled water. After 2, 19, and 43 days of incubation, respectively, these fertilizers released only 65 % of their total nitrogen, demonstrating the effectiveness of the coating in an ideal, water-saturated environment. The second test involved placing the thickest coated fertilizer (264 micrometers) in soil. Here, only 17 % of the nitrogen was released after 20 days,

complying with the European standard (EN 13266, 2001) for slow-release fertilizers.

Even broader categories like polysaccharides and guar gum offer diverse properties depending on the specific type, influencing water solubility, viscosity, and gel formation. Finally, latex (rubber particles in water), paraffin (waxy petroleum derivative), and asphalt (hydrocarbon mixture) all contribute water resistance and controlled nutrient release (Yuan et al., 2022). In conjunction with their biodegradable nature, biopolymers offer numerous additional benefits for soil health. They increase the soil's ability to retain water, thereby ensuring adequate moisture supply for plants especially in arid-semi-arid regions of the world where precipitation is not sufficient for plant growth. Additionally, the biodegradable polymers contribute to alleviate oxidative stress in plants, enhancing particle aggregation to improve soil structure, and minimizing soil erosion. Biopolymers can also be directly utilized as soil amendments, enriching soil quality and promoting the proliferation of beneficial microorganisms. The collective advantages underscore biopolymers as a promising and sustainable choice for diverse coating applications (Zhou et al., 2020). A wide range of natural polymers, including cellulose, alginates, dextran, starch, carrageenans, agarose, and chitosan, have already found diverse applications in agriculture (Benabid and Zouai, 2016). The most popular organic polymer coating materials used in the development of SRFs are biodegradable hydrogels (Tanan et al., 2021). Superabsorbent hydrogels are three-dimensional, polymeric networks with a remarkable ability to absorb and hold large volumes of water. A recent advancement in hydrogel research involves their combination with fertilizers. This integration offers a promising approach for managing both nutrients and water delivery within a single material (Sarmah and Karak, 2020).

Among naturally occurring biopolymers, chitosan stands out for its abundance and unique properties. Derived from chitin, the main component of crustacean shells, chitosan is obtained through a deacetylation process. This process modifies chitin's structure by removing acetyl groups, exposing free amino functions. These amino groups, along with hydroxyl groups, endow chitosan with cationic properties, meaning it carries a positive charge. This particular characteristic makes chitosan a highly versatile material with applications in numerous fields (Rinaudo et al., 1999). A study conducted by Ma et al. (2023) investigated the potential of chitosan microspheres-based SRNFs to improve plant growth and nutrient use of Chinese cabbage. The researchers created SRNFs by encapsulating urea fertilizer within chitosan microspheres using a straightforward emulsification and cross-linking process. Plants treated with SRNFs showed significant improvements in various growth parameters compared to those treated with conventional urea or no fertilizer. They suggested that SRNFs are a promising option for sustainable and effective fertilization. Mohammadi et al. (2020) developed a slow-release urea fertilizer using clay-polymer nanocomposites to enhance fertilizer use efficiency and control nitrogen release rate. The researchers used sepiolite and chitosan to form nanocomposites with varying clay-to-polymer ratios. The findings revealed a significantly slower release rate of coated urea fertilizer compared to the conventional urea. Around 75 % of the nitrogen content from SRNF released over a 25-day period, compared to just 3 days for urea. Furthermore, the rate of release further decreased with increasing sepiolite content in the clay-polymer nanocomposite.

The utilization of biodegradable polymers such as lignin, chitosan, cellulose, carboxymethyl cellulose, and starch as coating materials presents significant opportunities for the widespread adoption of slow-release fertilizers (Channab et al.,

2023). Yuan et al. (2023) extracted cellulose from agricultural residues to develop a new coating material for fertilizer, called ethyl cellulose. This new material was applied to urea to reduce nitrogen release rate. The initial release rate of coated urea was significantly lower compared to uncoated fertilizer. Plants grown with coated urea showed a 17.69 % increase in nitrogen uptake and a 61.29 % decrease in leached nitrogen.

In addition, agro-industrial residues are also renewable, abundant, and readily available materials, and are not only cost-effective but also represent a sustainable approach to nutrient recycling. Their abundance and affordability make them excellent nutrient carriers for formulating climate-smart and cost-effective SRFs (El-Hassanin et al., 2024; Zhang et al., 2023). El-Hassanin et al. (2024) investigated the development of eco-friendly SRNFs using waste materials from agro-industries. They used sugarcane and beet filter cakes, sulfur, gypsum, and zeolite as coating materials for two different nitrogen sources. Their findings revealed that the rate of nitrogen release was significantly influenced by soil type, the original nitrogen source, and the specific coating material employed. Zeolite demonstrated effectiveness as a coating material for all tested nitrogen fertilizers. Sugarcane-based coatings provided a consistent and sufficient supply of nitrogen throughout the incubation period. While beet mud treatments exhibited the lowest initial nitrogen release among all materials, nitrogen release gradually increased over time. The researchers suggested that both beet and sugarcane mud hold can be considered as sustainable and cost-effective coating materials for developing SRNFs.

4. Conclusions

Healthy plant growth relies on the consistent presence of essential nutrients in the soil. While conventional fertilizers have traditionally addressed this need, they often suffer from drawbacks like rapid nutrient loss, inefficient plant uptake, and environmental harm. These shortcomings

have fueled the demand for novel and sustainable fertilizer technologies. Therefore, slow-release nitrogen fertilizers (SRNFs) have emerged as a promising strategy to address the limitations of conventional mineral fertilizers. Coated urea fertilizers, a type of SRNF, offer a promising solution to address the challenges associated with conventional urea application. These challenges include low nitrogen use efficiency, environmental pollution, and potential negative impacts on crop growth and food safety. A critical challenge in slow-release nitrogen fertilizer application involves synchronizing nitrogen release with the specific demands of plants throughout their growth stages. This approach, achieved through the use of coated fertilizers, promises to optimize nutrient use efficiency by delivering essential elements when they are most needed. Furthermore, it has the potential to significantly reduce environmental contamination associated with traditional fertilizer practices, promoting a more sustainable agricultural approach. One key approach to achieving controlled nutrient release in SRNFs involves the use of diffusion barriers around the fertilizer core. Both organic and inorganic materials can be employed for this purpose, allowing for tailored release profiles of essential nutrients such as nitrogen.

Despite their advantages, coated urea fertilizers also have limitations that need to be addressed for widespread adoption. The primary limitation is the higher production cost compared to conventional urea fertilizers. Additionally, achieving precise control over the nutrient release rate from coated fertilizers remains a challenge. The lack of standardized methods to assess nutrient release rates from SRNFs makes it difficult for farmers to make informed decisions about their use. Furthermore, a critical challenge associated with traditional SRNFs formulations lies in the use of petroleum-based, synthetic polymers as coating materials. These polymers are often non-biodegradable and non-renewable,

raising concerns regarding their environmental sustainability. Additionally, the extraction and processing of these materials can pose environmental risks throughout their life cycle. As a result, the utilization of such polymers in fertilizer coatings is becoming increasingly unsustainable and hinders the widespread adoption of SRFs within the agricultural sector.

To address these limitations and promote the use of coated urea fertilizers, future research and development should focus on several key areas. First, developing cost-effective and scalable production methods for SRNFs is crucial. Second, exploring novel coating materials derived from biodegradable and sustainable sources can offer environmental and economic benefits. Third, improving techniques for precise control over nutrient release rates is essential for optimizing fertilizer application based on specific crop needs. Finally, establishing standardized testing methods for SRNF evaluation will allow farmers to make informed choices about these fertilizers.

References

- Akfas, F., Elghali, A., Aboulaich, A., Munoz, M., Benzaazoua, M., Bodinier, J.L., 2024. Exploring the potential reuse of phosphogypsum: A waste or a resource? *Science of Total Environment*, 908:168196.
- Anonymous, 2024. Microplastics. Fertilizers Europe. Available online: <https://www.fertilizerseurope.com/circular-economy/micro-plastics/> (Accessed on May 2 2024).
- Asghar, M.G., Ikram, R.M., Hashim, S., Hussain, S., Irfan, M., Mubeen, K., Alfarraj, S., 2022. Sulphur coated urea improves morphological and yield characteristics of transplanted rice (*Oryza sativa* L.) through enhanced nitrogen uptake. *Journal of King Saud University-Science*, 34(1):101664.

- Azeem, B., KuShaari, K., Naqvi, M., Kok Keong, L., Almesfer, M.K., Al-Qodah, Z., Naqvi, S.R., Elboughdiri, N., 2020. Production and characterization of controlled release urea using biopolymer and geopolymer as coating materials. *Polymers (Basel)*, 12(2):400.
- Babadi, H. F., Yunus, R., Masoudi Soltani, S., Shotipruk, A., 2021. Release mechanisms and kinetic models of gypsum–sulfur–zeolite-coated urea sealed with microcrystalline wax for regulated dissolution. *ACS Omega*, 6(17):11144-11154.
- Beig, B., Niazi, M. B.K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M.H., Mehran, M.T., 2020. Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10):1510-1533.
- Benabid, F. Z., Zouai, F. 2016. Natural polymers: cellulose, chitin, chitosan, gelatin, starch, carrageenan, xylan and dextran. *Algerian Journal of Natural Products*, 4(3): 348-357.
- Bhavani, P., Prakash, S.S., Harinikumar, K.M., Thimmegowda, M.N., Benherlal, P.S., Yoganand, S.B., 2020. Performance of slowrelease hydroxyapatite coated urea nanofertilizer on aerobic paddy. *International Journal of Current Microbiol. Applied Science*, 9(11): 1320-1330.
- Channab, B.E., El Idrissi, A., Zahouily, M., Essamlali, Y., White, J.C., 2023. Starch-based controlled release fertilizers: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124075.
- Chen, D., Freney, J.R., Rochester, I., Constable, G.A., Mosier, A.R., Chalk, P.M., 2008. Evaluation of a polyolefin coated urea (Meister) as a fertilizer for irrigated cotton. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81:245-254.
- Duan, Q., Jiang, S., Chen, F., Li, Z., Ma, L., Song, Y., Yu, X., Chen, Y., Liu, H., Yu, L., 2023. Fabrication, evaluation methodologies and models of slow-release fertilizers: a review. *Industrial Crops and Products*, 192:116075.
- Dubey, A., Mailapalli, D.R., 2019. Zeolite coated urea fertilizer using different binders: Fabrication, material properties and nitrogen release studies. *Environmental technology & innovation*, 16:100452.
- Eddarai, E. M., El Mouzahim, M., Boussen, R., Bellaouchou, A., Guenbour, A., Zarrouk, A. 2022. Chitosan-kaolinite clay composite as durable coating material for slow release NPK fertilizer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 195:424-432.
- El-Hassanin, A.S., Samak, M.R., El-Ashry, S.M., Azab, N.A. Abou-Baker, N.H., Mubarak, D.M. 2024. Novel coating of slow-release nitrogen fertilizers: Characterization and assessment. *Journal of the Indian Chemical Society*, 101(1):101116.
- Fertahi, S., Ilsouk, M., Zeroual, Y., Oukarroum, A., Barakat, A. 2021. Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. *Journal of controlled release*, 330, 341-361.
- Ge, Y., Wang, M., Dong, Y., Dai, X., He, M. 2024. Enhanced-Efficiency Urea Coated with Ground Phosphate Rock Powder, Inhibitor and Epoxy Resin: Preparation and Effects on Soil Nitrogen Supply Capacity, Wheat Yield and Nitrogen Use Efficiency. *Eurasian Soil Science*, 1-15.
- Ge Y., Yu, L.I., Dong, Y., He, M., Dai, X., 2023. Effect of synergistic urea by nitrification inhibitor coated with resin on wheat growth and soil nitrogen supply. *Pedosphere*.
- Gil-Ortiz R., Naranjo M.Á., Ruiz-Navarro A., Atares S., García C., Zotarelli L., San Bautista A., Vicente O., 2020. Enhanced Agronomic Efficiency Using a New Controlled-Released, Polymeric-Coated Nitrogen Fertilizer in Rice. *Plants*. 9:1183.

- Ghumman, A.S.M., Shamsuddin, R., Nasef, M.M., Yahya, W.Z.N., Abbasi, A., Almohamadi, H., 2022. Sulfur enriched slow-release coated urea produced from inverse vulcanized copolymer. *Science of The Total Environment*, 846:157417.
- Gülüt, K.Y., Şentürk, G.G., 2024. Nitrogen Source and Dose Effects on Spinach Yield and Total Nitrogen Content Across Storage Periods. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(2): 380–394.
- Jiang, S., Duan, Q., Ma, L., Song, Y., Xie, H., Liu, H., Yu, L., 2024. Preparation and characterization of slow-release fertilizer through coating acrylate epoxidized soybean oil. *Environmental Technology & Innovation*, 103626.
- Islam, M.S., Hakim, M.A., Golam, A.S.M.H., Chowdhury, M.K. 2019. Splitting of Nitrogen Fertilizer Enhanced Growth, Yield Contributing Parameters and Yield of Aromatic Rice Varieties. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 3(1): 80–97.
- Kassem, I., Ablouh, E.H., El Bouchtaoui, F.Z., Jaouahar, M., El Achaby, M. 2024. Polymer coated slow/controlled release granular fertilizers: Fundamentals and research trends. *Progress in Materials Science*, 101269.
- Kharazmi, K., Tan, M. 2021. Determination of Yield and Some Properties of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) Applied to Different Doses Nitrogen and Zeolite. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1): 136–144.
- Lawrencia, D., Wong, S.K., Low, D.Y.S., Goh, B.H., Goh, J.K., Ruktanonchai, U.R., Tang, S.Y., 2021. Controlled release fertilizers: A review on coating materials and mechanism of release. *Plants*, 10(2):238.
- Manjaiah, K.M., Mukhopadhyay, R., Paul, R., Datta, S.C., Kumararaja, P., Sarkar, B. 2019. Clay minerals and zeolites for environmentally sustainable agriculture. In *Modified clay and zeolite nanocomposite materials* (pp. 309-329). Elsevier.
- Mohammadi N., Shariatmadari, H., Khademi, H., Bazarganipour, M., 2020. Coating of sepiolite-chitosan nanocomposites onto urea increases nitrogen availability and its use efficiency in maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(7):884–896.
- Ma, H., Xu, X., Ning, Y., Wang, J., Zhang, H., Zhang, Y. 2014. Nutrient Release Characteristics of Vinyl Chloride-Vinyl acetate Copolymers Coated Slow-Release Nitrogen Fertilizer and Its Effect on Soil Mineral Nitrogen. *Agricultural Science & Technology*, 15(3):412.
- Ma, X. Wen, G., 2020. Development history and synthesis of superabsorbent polymers: a review. *Journal of Polymer Research*, 27:1-12.
- Ma, J., Faqir, Y., Chai, Y., Wu, S., Luo, T., Liao, S., Hadir, W., 2023. Chitosan microspheres-based controlled release nitrogen fertilizers enhance the growth, antioxidant, and metabolite contents of Chinese cabbage. *Scientia Horticulturae*, 308:111542.
- Naz, M.Y., Sulaiman, S.A., 2016. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. *Journal of Controlled Release*, 225:109–120.
- Neto, J.F.D., Fernandes, J.V., Rodrigues, A.M., Menezes, R.R., Neves, G.D.A. 2023. New Urea Controlled-Release Fertilizers Based on Bentonite and Carnauba Wax. *Sustainability*, 15(7):6002.
- Ni, B., Liu, M., Lu, S., Xie, L., Wang, Y., 2011. Environmentally friendly slow-release nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(18):10169-10175.
- Rajan, M., Shahena, S., Chandran, V., Mathew, L., 2021. Controlled release of fertilizers—concept, reality, and mechanism. In *Controlled release fertilizers for sustainable agriculture* (pp. 41-56). Academic Press.

- Remya, V.R., George, J.S., Thomas, S., 2021. Polymer formulations for controlled release of fertilizers. In *Controlled release fertilizers for sustainable agriculture* (pp. 183-194). Academic Press.
- Rinaudo, M., Pavlov, G., Desbrieres, J., 1999. Influence of acetic acid concentration on the solubilization of chitosan. *Polymer*, 40(25):7029-7032.
- Salimi, M., Channab, B.E., El Idrissi, A., Zahouily, M., Motamedi, E. 2023. A comprehensive review on starch: Structure, modification, and applications in slow/controlled-release fertilizers in agriculture. *Carbohydrate Polymers*, 121326.
- Sarmah, D., Karak, N. 2020. Biodegradable superabsorbent hydrogel for water holding in soil and controlled-release fertilizer. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(13):48495.
- Savitri, E., Purwanto, E., Kodrat, A.N., Yonathan, E., 2019. Controlled release fertilizer based on starch chitosan encapsulation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 703:1, 012019.
- Seddighi, H., Shayesteh, K., Arjmand, M., 2023. A Review of Slow-release Fertilizers from the Perspective of the Environment and Economy, and its Future in Iran and the World. *Sustainable Agricultural Science Research*, 3:51-68
- Shivay, Y. S., Prasad, R., Pal, M., 2016. Effect of nitrogen levels and coated urea on growth, yields and nitrogen use efficiency in aromatic rice. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6):875-882.
- Shaviv A., Raban S., Zaidel E. 2003. Modeling controlled nutrient release from polymer coated fertilizers: Diffusion release from single granules. *Environmental Science and Technology*, 37:2251-2256.
- Shaviv A. 2010. Advances in controlled-release fertilizers. *Adv. Agron.* 71:1–49.
- Statista, 2024. Global consumption of agricultural fertilizer from 1965 to 2021, by nutrient.
- Tanan, W., Panichpakdee, J., Suwanakood, P., Saengsuwan, S. 2021. Biodegradable hydrogels of cassava starch-g-polyacrylic acid/natural rubber/polyvinyl alcohol as environmentally friendly and highly efficient coating material for slow-release urea fertilizers. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 101:237-252.
- Tian, H., Liu, Z., Zhang, M., Guo, Y., Zheng, L., Li, Y.C., 2019. Biobased polyurethane, epoxy resin, and polyolefin wax composite coating for controlled-release fertilizer. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(5):5380-5392.
- Trenkel, ME. 2010. Slow-and controlled-release and Stabilized Fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Tomaszewska, M., Jarosiewicz, A., Karakulski, K. 2002. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. *Desalination*, 146(1-3):319-323.
- Umar, W., Czinkota, I., Gulyás, M., Aziz, T., Hameed, M.K. 2022. Development and characterization of slow release N and Zn fertilizer by coating urea with Zn fortified nano-bentonite and ZnO NPs using various binders. *Environmental Technology & Innovation*, 26:102250.
- Uzoh, C.F., Onukwuli, O.D., Ozofo, I.H., Odera, R.S. 2019. Encapsulation of urea with alkyd resin-starch membranes for controlled N₂ release: Synthesis, characterization, morphology and optimum N₂ release. *Process Safety and Environmental Protection*, 121: 133-142.
- Vashishtha, M., Dongara, P., Singh, D. 2010. Improvement in properties of urea by phosphogypsum coating. *International Journal of ChemTech Research*, 2(1):36-44.

- Vitousek, P.M., Naylor, R., Crews, T., David, M.B., Drinkwater, L.E., Holland, E., Zhang, F.S., 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324(5934): 1519-1520.
- Wang, H., Chen, X., Zhang, L., Li, Z., Fan, X., Sun, S. 2021. Efficient production of lignin-based slow-release nitrogen fertilizer via microwave heating. *Industrial Crops and Products*, 166:113481.
- Xu, M., Li, D., Li, J., Qin, D., Hosen, Y., Shen, H., Cong, R., He, X. 2013. Polyolefin-coated *Agronomy Journal*, 105(1):277-284.
- Yuan, S., Cheng, L., Tan, Z. 2022. Characteristics and preparation of oil-coated fertilizers: A review. *Journal of Controlled Release*, 345:675-684.
- Yuan, S., Zhou, T., Tan, Z. 2023. New Straw Coating Material for Improving the Slow-Release Performance of Fertilizers. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 15(33):39818-39826.
- Zhao, X., Qi, X., Chen, Q., Ao, X., Guo, Y., 2020. Sulfur-modified coated slow-release fertilizer based on castor oil: synthesis and a controlled-release model. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(49):18044-18053.
- Zhang, H., Liang, H., Xing, L., Ding, W., Geng, Z., Xu, C. 2023. Cellulose-based slow-release nitrogen fertilizers: Synthesis, properties, and effects on pakchoi growth. *International Journal of Biological Macromolecules*, 244:125413.
- Zhou, C., So, P.S., Chen, X.W. 2020. A water retention model considering biopolymer-soil interactions. *Journal of hydrology*, 586:124874.

To Cite: Gülüt, K.Y., 2024. Coated Urea Fertilizers: A Comprehensive Review on Slow-Release Nitrogen Fertilizers. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 265–278.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11635004>.

MAS Journal of Applied Sciences
Uygulamalı Bilimler Dergisi ISSN: 2757-5675
masjaps.com

OPEN ACCESS DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11637180>

Derleme Makalesi / Review Article

A Comprehensive Review on Exploring the Mechanisms of Boron Toxicity in Plants

Kemal Yalçın GÜLÜT^{1*}

¹ Cukurova University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Adana

*Corresponding author: kygulut@cu.edu.tr

Received: 20.01.2024

Accepted: 28.02.2024

Abstract

This review explores the multifaceted role of boron (B) in plant stress responses, emphasizing its mechanisms of action and agricultural relevance. Plants face numerous environmental stresses, including drought, salinity, and heavy metal toxicity, which significantly impact their growth and productivity. Recent research underscores the importance of micronutrients like B in mitigating these stresses. Boron is vital for various biological processes, including cell wall stability, cytoskeletal functions, and numerous metabolic pathways, affecting plant growth, flowering, and yield quality. However, managing B levels is challenging due to its narrow range between deficiency and toxicity. This review highlights B's interactions with macronutrients (nitrogen, calcium, phosphorus, and potassium) and micronutrients (zinc and manganese), revealing complex regulatory mechanisms that influence nutrient uptake, plant growth, and stress responses. Additionally, the review examines plants' responses to B toxicity, including mechanisms to reduce B uptake, the production of B-chelating compounds, and enhanced antioxidant systems to mitigate oxidative stress. By providing a comprehensive understanding of B's impact on plant health and productivity, this review aims to inform future research and practical approaches for optimizing B management in agriculture, contributing to sustainable crop production.

Keywords: Plant resilience, nutrient interactions, abiotic stress, crop productivity, plant adaptation

1. Introduction

Plants have evolved intricate mechanisms to enhance their resilience against environmental stresses. Among these stressors, factors such as drought, salinity, and heavy metal toxicity can significantly impact plant growth and productivity (Lamalakshmi Devi et al., 2017). In recent years, there has been increasing research interest in the importance of micronutrients, particularly boron (B), in plant stress responses (García-Sánchez et al., 2020; Bari et al., 2023). Boron plays critical roles in various biological processes in plants, exerting significant effects on plant health and adaptation, especially under stressful conditions. Within the cell wall, B forms complexes (RG-II-B) that stabilize the pectin network, influencing cell wall integrity and pore size. Research suggests B might also have functions within the cytoskeleton and membrane. But the influence of B extends far beyond structure. The B participates in various metabolic processes, including those for nucleic acids, sugars, protein synthesis, phosphorus utilization, and the metabolism of phenols, nitrogenous compounds, and hormones. These processes ultimately determine plant growth (vegetative and reproductive), flowering time, and harvest quality (Vera-Maldonado et al., 2024).

The optimal concentration of B in plant tissues generally ranges between 30 and 75 mg/kg. However, these levels can vary significantly depending on the specific plant species and their unique B requirements (Arunkumar et al., 2018). A recent study by Janaki et al. (2020) highlights B deficiency as the second most prevalent micronutrient deficiency in plants, following zinc. This widespread deficiency of B is primarily attributed to the neglect of B in conventional nutrient management practices. Dicotyledonous plants, especially cotton, sunflower and tomatoes have high demand for this micronutrient. Due to the immobility of B

within plants, its availability is crucial at all stages of growth, especially during the development of fruits and seeds. This immobility means that a continuous supply of B is necessary to support the plant's developmental processes throughout its life cycle. When B is deficient in these plants, it can lead to various growth problems including reduced root development, withering of flower buds, poor pod formation, and significantly diminished seed yield or even sterility during the reproductive phase (Thakur et al., 2023).

Unlike many other nutrients, the window between deficiency and toxicity is narrow. This characteristic makes it challenging to maintain optimal B levels in the soil. An excess level of B can be equally detrimental, acting as a major abiotic stressor in many agricultural regions worldwide (Yıldız et al., 2022). High B levels can inhibit germination, restrict root growth development, cause chlorotic or necrotic patches on leaf margins and tips, but roots typically show no visible symptoms (Mousavi and Motesharezadeh 2020). The overall consequences of excess B primarily stem from its three main metabolic impacts. Boron interferes with cell division and development by binding to ribose, present both as a free sugar and within RNA. Additionally, it disrupts primary metabolism by binding to ribose in ATP or NAD(P)H. Moreover, boron reduces cytosolic pH, thereby influencing protein conformation and biosynthesis (Reid et al., 2004). In species capable of phloem retranslocation of B, symptoms include dead apical sprouts and lesions near stems and petioles. High B concentrations disrupt various physiological processes, such as reducing photosynthetic rates, increasing lipid peroxidation, and altering antioxidant enzyme activity (Hua et al., 2021).

This review aims to comprehensively examine the multifaceted role of B in plant stress responses, particularly focusing on its mechanisms of action and agricultural relevance. By delving into the interactions

between B and other essential nutrients and exploring how plants mitigate B toxicity through various physiological and biochemical strategies, this review seeks to provide a holistic understanding of B's impact on plant health and productivity. Furthermore, it underscores the importance of balanced B nutrition in optimizing plant growth and resilience under environmental stresses. Through this exploration, the review aims to highlight critical areas for future research and practical approaches to enhance B management in agricultural systems, ultimately contributing to sustainable crop production.

2. Interaction of boron with macronutrients

Additionally, due to its multifaceted involvement in plant physiology and biochemistry, B plays a critical role in regulating the uptake and utilization of other essential mineral elements. This influence on nutrient homeostasis is crucial for optimal plant growth and development (Vera-Maldonado et al., 2024). The interaction between B and nitrogen (N) is complex and bidirectional, as N levels can potentially influence B uptake in plants, thereby affecting the overall efficiency of these processes. B can be crucial for N fixation and assimilation, particularly in legume species, influencing nodulation and essential protein synthesis (Koohkan et al., 2016). Dinh et al. (2021) stated that the interaction between N and B levels significantly influences B uptake and transport in canola plants, with ammonium-induced acidity leading to an upregulation of B transport mechanisms, particularly under low B supply conditions. Nitrate-induced alkalization alters B distribution between roots and shoots, indicating that the N form in the nutrient solution affects B uptake and transport dynamics, highlighting the importance of considering both N and B levels for optimizing plant growth and nutrient uptake. In another study Bielski et al. (2020) demonstrated that N and B interaction significantly influenced winter triticale grain yield and yield components,

highlighting the importance of their combined application for optimal productivity. While N fertilization played a crucial role in grain yield, B fertilization positively impacted yield structure, particularly ears number per 1 m².

Boron and calcium (Ca) engage in a dynamic partnership within the plant cell wall. Calcium strengthens B complexes, fostering both structural integrity and adaptability (Liu et al., 2019). This collaboration extends beyond the cell wall, as Ca can lessen B toxicity and influence gene expression related to Ca transport and signaling when B is deficient (Akhtar et al., 2022). A field study conducted by Galeriani et al. (2022) revealed that spraying soybeans with a combined Ca and B solution during flowering significantly boosted their ability to convert carbon dioxide into sugars within leaves. This enhanced sugar production fueled increased pod formation and ultimately led to higher grain yield. İlyas et al. (2021) conducted field experiments to investigate the impact of Ca, B, and their combination on autumn potato crop yield and quality. The results highlighted that while both 0.06% Ca and 0.04% B alone improved yield and quality parameters, the combined application of 0.06% Ca + 0.02% B during early planting in the first week of October yielded the most significant benefits, emphasizing the synergistic effects of using Ca and B together in enhancing potato yield and quality.

Boron can influence phosphorus (P) uptake and transport; when supplied together, they improve plant growth and photosynthetic rates (Paz-Ares et al., 2022). According to findings by Cakmak et al. (2023), boron deficiency exacerbates phosphorus deficiency, resulting in decreased phosphorus uptake. However, the application of boron can potentially alleviate this issue, as borates share certain physiological and biochemical similarities with phosphates (Hua et al., 2021). In addition, the interaction between B and P, including the modulation of H⁺-ATPase

activity, enhances nutrient absorption and plant development, though the molecular mechanisms are not fully understood (Zhao et al., 2020). In a study conducted by Zhao et al (2021) showed that the interaction between B and P fertilizers significantly influences rapeseed yield and P use efficiency, emphasizing the importance of balanced B and P nutrition for optimal productivity. The study demonstrated that different combinations of B and P fertilizers affect both seed yield and P use efficiency, highlighting the need for careful management of these nutrients in rapeseed cultivation. Moreover, the application of B and P fertilizers impacts soil bacterial diversity and composition, suggesting potential opportunities for enhancing nutrient cycling and crop performance through soil management practices.

Potassium (K) and B are essential partners in plant physiology, acting as buffers to maintain healthy conductive tissues. While limited research exists, studies suggest a positive synergy between B and K, with combined application enhancing seed oil content, overall plant growth, and yield in crops (Akhtar et al., 2022; Bons and Sharma, 2023). Field trials showed that foliar application of both potassium sources and boron significantly increased potato tuber yield and quality. Potassium alone improved the number and weight of tubers, while boron boosted the total yield and size distribution, favoring larger tubers (Ewais et al., 2020). This beneficial effect is likely due to potassium's role in maintaining a balanced cellular environment. The specific interaction between B and K may be attributed to influence of B on K uptake and membrane permeability, while excess B can disrupt this balance and reduce K availability in some plant tissues (Samet et al., 2015).

3. Interaction of boron with micronutrients

The interaction between B and zinc (Zn) in plants affects metabolic processes and mineral composition, with Zn supplementation mitigating adverse effects

of high B levels on plant growth. Additionally, gene expression studies suggest regulatory roles for specific genes like HKX1, MAKR6, and RING1B in response to B and Zn interaction, indicating involvement in hormone signaling and stress responses (Bhadra et al., 2023). In a two-year field study, Safdar et al. (2023) showed that sole and combined application of B and Zn significantly improved seed and oil yield, oil quality, and various physiological traits in oilseed rape under semi-arid conditions. The optimal B and Zn application rate for maximizing yield, oil quality, and physiological attributes in oilseed rape was reported as 2 kg ha⁻¹ B and 8 kg ha⁻¹ Zn. Studies combining B, Zn, and manganese (Mn) nutrition in various crops demonstrate their influence on polyphenol concentration, lignin synthesis, disease resistance, and overall plant growth, emphasizing the importance of balanced micronutrient application for optimal agricultural productivity. Furthermore, the intricate relationship between B and Zn in plant physiology is crucial for understanding their combined effects on growth, photosynthesis, and water relations. B deficiency or toxicity profoundly affects various metabolic processes, including cell wall structure and function, leading to impaired growth and reduced photosynthetic rates. Conversely, Zn, as an essential micronutrient, influences enzyme activity, membrane integrity, and ROS scavenging, mitigating the adverse effects of B stress on plant growth and physiological processes. The synergistic interaction between B and Zn underscores the further field studies to validate these findings in various crop species and soil conditions (Tavallali, 2017).

4. Plants's response to boron toxicity

Boron toxicity reduces crop yield and quality in numerous agricultural regions globally, often arising naturally in alkaline and saline soils where rainfall is low, and leaching is minimal. (Camacho-Cristóbal et al. 2018; Gokceoglu and Cimrin, 2022). The effects of B toxicity vary depending on a

plant species' capability to re-translocate B within the phloem, with symptoms appearing first in older tissues in species where B is relatively immobile. Conversely, in species where B can be remobilized through the phloem sap, symptoms primarily manifest in actively growing tissues (Landi et al., 2019).

Boron tolerance in plants involves several key mechanisms: reducing B uptake by the root system and effluxing excess B from roots, changing in root morphology, stimulating the production of B-chelating organic compounds like polyalcohols and phenolics, bolstering the antioxidant system to counteract B-induced oxidative stress, and compartmentalizing B into less harmful organelles and sites within cells (Landi et al., 2019). Khan et al. (2023) used RNA sequencing to investigate the mechanisms behind boron tolerance in a previously unexplored wheat relative, *Triticum dicoccum* (PI94655). Their analysis revealed diverse pathways potentially involved in tolerance, including the regulation of transporters, changes in metabolic pathways, and the involvement of specific transcription factor families. This tolerant *T. dicoccum* genotype holds promise as a breeding resource for improving boron tolerance in modern wheat varieties. Additionally, the identified genes may be valuable tools for future studies on boron stress tolerance in wheat.

4.1. Protecting cellular functions: segregating b into organelles and specific locations

A wheat gene family (TaBOR) potentially regulates B uptake and distribution. Fourteen TaBOR genes with diverse tissue expression patterns and responsiveness to B levels have been identified by Wang et al. (2022). These genes reside on multiple chromosomes and possess promoter regions sensitive to light, hormones, and stress. Various crops and their varieties exhibit varying capacities to grow in high B soils. Varieties of wheat and barley tolerant to excess B have lower B concentrations in their tissues due to

efficient B efflux transporters and reduced B entry channels (Martinez-Cuenca et al., 2015; Metwally et al., 2017). Tolerance mechanisms also involve morphological root changes and transcription factors that help maintain root growth. Tolerance to excess B in plants can be attributed to mechanisms such as morphological changes in roots, where increased reducing sugars help sustain root growth, and the involvement of transcription factors. However, variations in B tolerance among cultivars are not solely due to B accumulation in the leaves. Studies indicate that tolerant varieties may also have other physiological or genetic adaptations that contribute to their resilience. Some tolerant cultivars express Bor2-like genes, which transport B into vacuoles, reducing its toxicity and allowing higher accumulation without harming physiological processes (García-Sánchez et al., 2020).

In a recent study, Erkan and Akçay (2024) investigated miRNA's potential role in cotton's response to boron toxicity. They discovered that overexpressing miR408 enhanced cotton's tolerance to B stress, evidenced by reduced ion leakage and MDA levels, and increased proline, chlorophyll, and water content. Additionally, miR408 overexpression significantly impacted the expression of BOR1, BOR2, PIP1;1, and PIP2;1 aquaporins. These genes exhibited altered expression patterns under B toxicity compared to controls. While further research is needed, their study sheds light on cotton transporter genes and miR408's role in B stress. This suggests miR408 overexpression could be a promising strategy for enhancing plant tolerance to B stress and developing transgenic plants for B phytoremediation.

4.2. Production of boron chelating organic compounds

Under conditions of B toxicity, particularly prevalent in dry environments, plant performance and productivity are significantly impacted (Landi et al., 2019). A study conducted by Papadekis et al. (2018) on loquat seedlings exposed to

varying B concentrations aimed to investigate how B affects sugar/polyol metabolism in polyol-producing tree species like loquat and how changes in leaf and stem anatomy may protect young tissues from B toxicity. The results revealed B accumulation primarily in top leaves, top bark, and top wood, with no alteration in allocation patterns between control and B-stressed plants. Excess B led to structural changes in top leaves, promoting the development of cork and collenchyma cells with increased cell wall thickness, possibly to sequester B in less harmful tissues. These findings suggest that while changes in sugar metabolism and anatomical adaptations partially aid young tissues in tolerating B stress, complete preservation is not achieved.

4.3. The role of antioxidants under boron toxicity

Excess B disrupts photosynthesis, impairing CO₂ uptake and causing structural damage to thylakoids, which leads to the production of ROS as unused electrons and light energy interact with molecular oxygen (Antonopoulou and Chatzissavvidis, 2022). The precise mechanisms of B tolerance remain elusive, but studies suggest that antioxidants and antioxidant enzymes may play a protective role. Antioxidants neutralize ROS, preventing damage to membranes, proteins, and nucleic acids. Plants use enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense systems. Enzymatic defenses include superoxide dismutase (SOD), peroxidases (POX), catalase (CAT), and enzymes of the ascorbate-glutathione pathway. These enzymes work together to scavenge ROS and protect cells (Mittler, 2002). Plants with more robust antioxidant defense systems appear to exhibit greater tolerance to B stress (Landi et al., 2019). Ardiç et al. (2009) examined the oxidative stress and antioxidant response to B in chickpea cultivars with varying drought tolerance. The drought-tolerant cultivar showed increased shoot length at high B levels, while the drought-sensitive cultivar

exhibited reduced shoot length and higher lipid peroxidation. Antioxidant enzyme activities (CAT, APX, and SOD) increased in drought-tolerant cultivar but not in drought-sensitive cultivar, suggesting a stronger antioxidative response in drought-tolerant cultivar. The researchers attributed to B tolerance to improved ability to scavenge reactive oxygen species and reduce lipid peroxidation.

The effects of B toxicity on rice seedlings have been investigated by Riaz et al. (2021). The researchers reported that excessive B levels inhibited root and shoot growth and caused visible stress on leaves, evidenced by reduced chlorophyll content. B toxicity led to oxidative stress and lipid peroxidation in cell membranes, with higher B concentrations accumulating more in leaves than roots. Over 80% of B was adsorbed onto the cell walls in both roots and leaves, and the free form of B was higher in treatments with elevated B levels. In addition, high B concentrations altered the functional groups in leaf cell walls. The study suggested that B-induced growth inhibition might be linked to increased B uptake in upper parts of the plant, oxidative damage, and variations in B forms, contributing to chlorosis.

Boron toxicity can be alleviated by Ca in various crops. In sweet pepper (*Capsicum annuum*), physiological and biochemical responses, such as the activation of antioxidant enzyme activities, have been initiated to counteract B toxicity (Piñero et al., 2017). Liu et al. (2021) investigated the mechanisms by which Ca alleviates B toxicity in trifoliate rootstock, crucial for citrus production. They examined various Ca levels alongside B concentrations to understand tolerance mechanisms. Results revealed that Ca (2.46 mM) significantly boosted root growth under B toxicity, enhancing root dry weight by 32.26% and fresh weight by 24.60%. While total B absorption remained unaffected, Ca reduced B's utilization efficiency in cell walls and stimulated antioxidant enzymes, mitigating reactive oxygen species. The effectiveness

of Ca foliar sprays in mitigating excess B symptoms in pistachio rootstocks cultivated under saline conditions have been investigated by Rabari et al. (2023). Soluble Ca forms were applied as foliar sprays on three pistachio rootstocks irrigated with B-containing water. Excess B impeded growth and affected various parameters. However, foliar Ca sprays significantly reduced B accumulation in plant tissues, particularly in leaves, stems, and roots. Both Ca-Chelate and CaCl_2 treatments significantly improved growth and physiological responses, with Ca-Chelate showing superior effectiveness. The researchers reported that rootstock tolerance to B toxicity varied.

Ethylene signaling may play a key role in mediating physiological and metabolic changes in tomatoes under fluctuating B levels. The influence of ethylene signaling on tomato plants' responses to B deficiency and toxicity has been investigated by Pereira et al. (2023). They used tomato mutants with altered ethylene signaling pathways to investigate these connections. While B stress didn't necessarily inhibit plant growth, it significantly impacted functions like photosynthesis and chlorophyll production. Interestingly, B toxicity triggered visible damage on roots and leaves, coinciding with increased ethylene production in shoots. Furthermore, mutants with impaired ethylene signaling displayed greater sensitivity to B toxicity, showing reduced fruit production and altered plant development.

Ascorbic acid (AsA), a powerful plant antioxidant, plays a complex role in response to B toxicity. AsA directly scavenges reactive oxygen species (ROS) generated under B stress, protecting cellular components from damage. Abiotic stresses, including B toxicity, are known to trigger a higher accumulation of AsA compared to other stresses (Nawaz et al., 2023). Studies have demonstrated variable AsA levels in different plant species, cultivars, and under varying B stress conditions. While some plants exhibit increased AsA content under

B toxicity, others show a decrease, suggesting a stress-specific response and potential dependence on the activity of other antioxidant enzymes like ascorbate peroxidase (APX). In a study by Landi et al. (2013), the purple-leaved 'Red Rubin' cultivar of sweet basil showed increased AsA levels and enhanced antioxidant capacity compared to the green-leaved 'Tigullio' cultivar, which displayed visible B toxicity symptoms. This suggests that AsA accumulation may be a protective mechanism against B-induced oxidative stress in certain plant species.

Glutathione (GSH), a potent plant antioxidant, plays a complex role in response to B toxicity. The potential of GSH to mitigate B toxicity by directly scavenging harmful ROS generated by excess B. However, research on the direct impact of B on GSH content presents a mixed picture, with some studies showing inhibition and others indicating an increase. Additionally, GSH's interplay with AsA in the plant's antioxidant response to B toxicity is complex, with a potential link between GSH and AsA levels. Overall, the relationship between B and GSH appears multifaceted, with GSH offering both detoxification benefits and being influenced by other factors (Landi et al., 2012). Kohnenharshi and Demir (2023) explored how glutathione (GSH) and proline can help wheat (*Triticum aestivum* cv.) resist B toxicity. Application of GSH alongside excess B improved root and shoot growth, chlorophyll content, and phenolic compounds compared to B alone. This suggests GSH helps mitigate the negative effects of B toxicity. Interestingly, both B toxicity and combined B+GSH treatments increased total GSH levels in wheat, although B+proline application actually decreased GSH content. Overall, the study suggested that both GSH and proline can act as antioxidants under B stress, reducing harmful molecules and boosting the activity of antioxidant enzymes. GSH appears to be generally more effective than proline in

mitigating the detrimental effects of B toxicity.

Melatonin acts as a plant growth regulator, influencing various physiological processes like seed germination, root development, and flowering. Melatonin also plays a role in stress management, helping plants cope with environmental stressors like drought, salinity, and heavy metals (Khan et al., 2020). Al-Huqail et al. (2020) studied the role of melatonin in regulating wheat seedlings' carbohydrate and proline metabolism, photosynthesis, and antioxidant systems under B toxicity conditions. High B levels inhibited photosynthesis and led to oxidative damage in wheat seedlings by increasing malondialdehyde content and activity of oxidative enzymes. However, foliar application of melatonin improved photosynthetic pigments concentration, enhanced plant growth attributes, and increased nutrient uptake and enzymatic antioxidants even under non-toxic conditions. Melatonin effectively mitigated the adverse effects of excess B by enhancing plant defense mechanisms and reducing cellular oxidative damage.

5. Conclusions and Recommendations

5.1. Conclusions

This review explores the multifaceted role of boron (B) in plant responses to environmental stresses. It highlights the importance of maintaining optimal B levels for plant health and productivity. Boron plays a crucial role in plant stress responses, influencing various biological processes essential for plant health and adaptation. Its involvement in metabolic pathways, cell wall structure, and nutrient uptake underscores its significance in enhancing plant resilience against environmental stresses. However, maintaining optimal B levels in plants presents a challenge due to the narrow window between deficiency and toxicity. Excess B can lead to detrimental effects on plant growth and development, highlighting the importance of balanced B nutrition in agricultural practices.

5.2. Recommendations

Optimizing B Management: Implementing efficient B management practices is crucial to ensure optimal B levels in soils. This includes regular soil testing, targeted B fertilization based on crop requirements, and consideration of B mobility within plants.

Integrated Nutrient Management: Develop integrated nutrient management strategies that consider the interactions between B and other essential nutrients for optimal plant growth and stress tolerance. Incorporating B into integrated nutrient management strategies alongside other essential nutrients can enhance overall nutrient uptake and plant growth. This approach should consider the interactions between B and macronutrients/micronutrients to maximize agricultural productivity. Explore the potential of foliar applications of B combined with other nutrients like Ca to improve plant performance in B-deficient or B-toxic soils. Investigate the use of plant growth regulators like melatonin and stress protectants like glutathione as potential tools to mitigate B toxicity and enhance plant resilience.

Breeding for B Tolerance: Breeding programs should prioritize the development of crop varieties with enhanced tolerance to both B deficiency and toxicity. Identifying genetic markers associated with B tolerance can facilitate the breeding of resilient cultivars suited to varying soil B conditions.

Research on B-Responsive Genes: Further research is needed to elucidate the molecular mechanisms underlying B stress responses in plants. Identifying B-responsive genes and understanding their regulatory networks can provide valuable insights into enhancing plant tolerance to B-related stresses. In addition, foster collaboration between plant physiologists, soil scientists, and agricultural engineers to develop sustainable B management practices for various agricultural ecosystems.

Education and Outreach: Educating farmers and agricultural practitioners about the importance of B in plant nutrition and its role in stress tolerance is essential. Outreach programs can promote the adoption of best management practices to optimize B use efficiency and mitigate the adverse effects of B stress on crop production.

By implementing these recommendations, stakeholders can harness the potential of boron to improve agricultural productivity, enhance crop resilience, and ensure food security in the face of changing environmental conditions.

References

- Akhtar, N., Ilyas, N., Arshad, M., Meraj, T. A., Hefft, D.I., Jan, B.L., Ahmad, P. 2022. The impact of calcium, potassium, and boron application on the growth and yield characteristics of durum wheat under drought conditions. *Agronomy*, 12(8): 1917.
- Al-Huqail, A.A., Khan, M.N., Ali, H.M., Siddiqui, M.H., Al-Huqail, A.A., Al-Zuaibr, F.M., Al-Humaid, L.A. 2020. Exogenous melatonin mitigates boron toxicity in wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201: 110822.
- Antonopoulou, C., Chatzissavvidis, C. 2022. Impact of boron and its toxicity on photosynthetic capacity of plants. In *Boron in Plants and Agriculture* (pp. 169-186). Academic Press.
- Ardic, M., Sekmen, A.H., Tokur, S., Ozdemir, F., Turkan, I. 2009. Antioxidant responses of chickpea plants subjected to boron toxicity. *Plant Biology*, 11(3): 328-338.
- Arunkumar, B.R., Thippeshappa, G.N., Anjali, M.C., Prashanth, K.M. 2018. Boron: A critical micronutrient for crop growth and productivity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2): 2738-2741.
- Bari, A., Promi, R. J., Shumsun, N., Hasan, K., Hosen, M., Demir, C., Barutçular, C., Islam, M. S. 2023. Response of sulphur and boron on growth, yield traits and yield of boro rice (BRRI dhan28) at high ganges river floodplain of Bangladesh. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1): 158–172.
- Bhadra, T., Mahapatra, C.K., Hosenuzzaman, M., Gupta, D.R., Hashem, A., Avila-Quezada, G.D., Paul, S.K. 2023. Zinc and boron soil applications affect *Athelia rolfsii* stress response in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) Plants. *Plants*, 12(19):3509.
- Bons, H.K., Sharma, A. 2023. Impact of foliar sprays of potassium, calcium, and boron on fruit setting behavior, yield, and quality attributes in fruit crops: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 46(13): 3232-3246.
- Cakmak, I., Brown, P., Colmenero-Flores, J.M., Husted, S., Kutman, B.Y. Nikolic, M., Rengel, Z., Schmidt, S.B., Zhao, F.J. 2023. Micronutrients. In *Marschner's mineral nutrition of plants*, 283–385. Academic Press.
- Camacho-Cristóbal, J.J., Navarro-Gochicoa, M.T., Rexach, J., González-Fontes, A., Herrera-Rodríguez, M.B. 2018. Plant response to boron deficiency and boron use efficiency in crop plants. In *Plant micronutrient use efficiency* (pp. 109-121). Academic Press.
- Dinh, A.Q., Naeem, A., Sagervanshi, A., Wimmer, M.A., Mühling, K.H. 2021. Boron uptake and distribution by oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by different nitrogen forms under low and high boron supply. *Plant Physiology and Biochemistry*, 161:156-165.
- Erkan, I.E., Akcay, U.C. 2024. Overexpression of miR408 influences the cotton response to boron toxicity. *Chilean journal of agricultural research*, 84(2):236-245.
- Ewais, M.A., Abd El-Rahman, L.A., Sayed, D.A. 2020. Effect of foliar application of boron and potassium sources on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Middle East J. Appl. Sci*, 10(1):120-137.

- Galeriani, T.M., Neves, G.O., Santos Ferreira, J.H., Oliveira, R.N., Oliveira, S.L., Calonego, J.C., Crusciol, C.A.C. 2022. Calcium and boron fertilization improves soybean photosynthetic efficiency and grain yield. *Plants*, 11(21):2937.
- Hua, T., Zhang, R., Sun, H., Liu, C. 2021. Alleviation of boron toxicity in plants: Mechanisms and approaches. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 51(24):2975–3015.
- Janaki, D., Chitra, R., Prabhu, S., Poornima, R. 2020. Boron nutrition in fruit crops. *Biotica Research Today* 2(5):241–44.
- García-Sánchez, F., Simón-Grao, S., Martínez-Nicolás, J.J., Alfosea-Simón, M., Liu, C., Chatzissavvidis, C., Cámara-Zapata, J.M. 2020. Multiple stresses occurring with boron toxicity and deficiency in plants. *Journal of hazardous Materials*, 397:122713.
- Khan, A., Numan, M., Khan, A.L., Lee, I.J., Imran, M., Asaf, S., Al-Harrasi, A. 2020. Melatonin: Awakening the defense mechanisms during plant oxidative stress. *Plants*, 9(4):407.
- Khan, M.K., Pandey, A., Hamurcu, M., Rajpal, V.R., Vyhnánek, T., Topal, A., Gezgin, S. 2023. Insight into the boron toxicity stress-responsive genes in boron-tolerant *Triticum dicoccum* shoots using RNA sequencing. *Agronomy*, 13(3):631.
- Kohnehsarhi, S.M., Demir, Y. 2023. Glutathione and Proline Attenuates Injury Induced by Boron Toxicity in Wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(2):371-379.
- Koohkan, H., Maftoun, M. 2016. Effect of nitrogen–boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 39(7):922-931.
- Lamalakshmi Devi, E., Kumar, S., Basanta Singh, T., Sharma, S.K., Beemrote, A., Devi, C.P., Wani, S.H. 2017. Adaptation strategies and defence mechanisms of plants during environmental stress. *Medicinal plants and environmental challenges*, 359-413.
- Landi, M., Pardossi, A., Remorini, D., Guidi, L. 2013. Antioxidant and photosynthetic response of a purple-leaved and a green-leaved cultivar of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to boron excess. *Environmental and Experimental Botany*, 85:64-75.
- Landi, M., Margaritopoulou, T., Papadakis, I.E., Araniti, F. 2019. Boron toxicity in higher plants: an update. *Planta*, 250:1011-1032.
- Liu, Y., Riaz, M., Lei, Y., Yu, Z., Jiang, C. 2022. Exogenous calcium reduces boron toxicity by regulating efficient antioxidant system and boron forms in trifoliolate rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 45(11):1601-1613.
- Martinez-Cuenca, M.R., Martinez-Alcantara, B., Quinones, A., Ruiz, M., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M.A. 2015. Physiological and molecular responses to excess boron in *Citrus macrophylla* W. *PLoS one*, 10(7): e0134372.
- Metwally, A.M., El-Shazoly, R.M., Hamada, A.M. 2017. Physiological responses to excess boron in wheat cultivars. *European Journal of Biological Research*, 7(1):1-8.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9):405-410.
- Mousavi, S.M., Motesarezadeh, B. 2020. Boron deficiency in fruit crops. In *Fruit Crops*, 191–209. Elsevier.
- Mohit Rabari, K., Roozban, M.R., Souri, M.K., Sadeghi-Majd, R., Hamedpour-Darabi, M., Vahdati, K. 2023. Exogenous calcium improves growth and physiological responses of pistachio rootstocks against excess boron under salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 46(17):4252-4266.

- Özsayar, M.M., Çimrin, K.M. 2022. Determination of Nutrition Status of Olive (*Olea europaea* L.) Orchards in Hassa District of Hatay By Means of Leaf and Soil Samples. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 42–57.
- Papadakis, I.E., Tsiantas, P.I., Tsaniklidis, G., Landi, M., Psychoyou, M., Fasseas, C. 2018. Changes in sugar metabolism associated to stem bark thickening partially assist young tissues of *Eriobotrya japonica* seedlings under boron stress. *Journal of plant physiology*, 231:337-345.
- Pereira, G.L., Nascimento, V.L., Omena-Garcia, R.P., Souza, B.C.O., de Carvalho Gonçalves, J.F., Ribeiro, D.M., Araújo, W.L. 2023. Physiological and metabolic changes in response to Boron levels are mediated by ethylene affecting tomato fruit yield. *Plant Physiology and Biochemistry*, 202:107994.
- Reid, R.J., Hayes, J.E., Post, A., Stangoulis, J.C.R., Graham, R.D. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant, Cell Environment*, 27(11):1405-1414.
- Riaz, M., Kamran, M., El-Esawi, M.A., Hussain, S., Wang, X. 2021. Boron-toxicity induced changes in cell wall components, boron forms, and antioxidant defense system in rice seedlings. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 216:112192.
- Safdar, M.E., Qamar, R., Javed, A., Nadeem, M.A., Javeed, H.M.R., Farooq, S., Ahmed, M.A. 2023. Combined application of boron and zinc improves seed and oil yields and oil quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy*, 13(8):2020.
- Samet, H., Cikili, Y., Dursun, S. 2015. The role of potassium in alleviating boron toxicity and combined effects on nutrient contents in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1):64-70.
- Tavallali, V. 2017. Interactive effects of zinc and boron on growth, photosynthesis, and water relations in pistachio. *Journal of Plant Nutrition*, 40(11):1588-1603.
- Thakur, S., Sinha, A., Ghosh Bag, A. 2023. Boron-A Critical Element for Fruit Nutrition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(21):2899-2914.
- Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A., Inostroza-Blancheteau, C. 2024. Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15:1332459.
- Wang, Y., Niu, Z., Hu, X., Wu, X., Yang, Z., Hao, C., Ru, Z. 2022. Molecular characterization of the genome-wide BOR transporter family and their responses to boron conditions in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13:997915.
- Yıldız, O.U., Aydın, Ş., Yağmur, B., Demirer, T. 2022. Soil and Plant Analysis of Vineyards in Manisa-Alaşehir Region and Investigation of Nutrition status. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(2): 419–436.
- Zhao, Z., Wang, S., White, P. J., Wang, Y., Shi, L., Xu, F. 2020. Boron and phosphorus act synergistically to modulate absorption and distribution of phosphorus and growth of *Brassica napus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(30):7830-7838.
- Zhao, Z., Wang, Y., Shi, J., Wang, S., White, P. J., Shi, L., Xu, F. 2021. Effect of balanced application of boron and phosphorus fertilizers on soil bacterial community, seed yield and phosphorus use efficiency of *Brassica napus*. *Science of the total environment*, 751:141644.

To Cite: Gülüt, K.Y., 2024. A Comprehensive Review on Exploring the Mechanisms of Boron Toxicity in Plants. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 279–289.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11637180>.

Yem Şalgamı ile Yem Bezelyesi Karışımlarının Yeşil Ot Verimi ve Rekabet Oranı

Mertcan SEZER¹, Murat AZAK¹, İlknur YILDIRIM¹, Erdem GÜLÜMSER^{1*}

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik

*Sorumlu yazar (Corresponding author): erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 25.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 28.02.2024

Özet

Bu çalışma Bilecik ekolojik koşullarında yem şalgamı “YŞ” ile Yem bezelyesi “YB”, karışımlarının yeşil ot verimi ve bitkiler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla 2022-2023 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Çalışmada bitkiler yalın ve 2 farklı karışım halinde (%50YŞ+50YB ve %25YŞ+75YB) yetiştirilmiştir. Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada yeşil ot verimi, alan eşdeğerlik oranı (AEO), rekabet oranı (RO), saldırganlık oranı (SO), gerçek verim kaybı (GVK) ve karışım avantajı (KA) değerleri belirlenmiştir. En yüksek yeşil ot verimi 3.90 t da⁻¹ ile yalın yem şalgamı, en düşük 1.80 t da⁻¹ ile yalın yem bezelyesi ve 2.04 t da⁻¹ ile %25YŞ+75YB işlemlerinden elde edilmiştir. En yüksek AEO (1.07) %50YŞ+50YB karışımı sergilemiştir. Yem şalgamının yem bezelyesine göre rekabet gücü daha yüksek olup, karışımlarda yem şalgamının artması ile gerçek verim kaybı da azalmıştır. Sonuç olarak; %50YŞ+50YB karışımının diğer işlemlere göre üstün performans sergilediği belirlenmiştir. Ancak yeşil ot verimi bakımından söz konusu karışım yetersiz olmuştur. Buna göre; daha sağlıklı yorumlanması ve net sonuçlarının ortaya konulması bakımından çalışmanın ikinci yılının yapılması ve karışımlarda ara oranlarının da ilave edilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yem şalgamı, yem bezelyesi, karışık ekim, yeşil ot verimi, rekabet

Fresh Yield and Competitive Ratios of Forage Turnip and Forage Pea Mixtures

Abstract

The aim of current study was to determined of intercropping forage turnip “FT” with forage pea “FP” fresh yield and competitive ratios in Bilecik conditions in 2022-2023 growing period. Plants were sown as sole and in 2 different mixtures (50FT+50FP% and 25FT+75FP%). Experiments were arranged in a randomized complete block design with three replications. In the study, fresh yield, land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity, actual yield loss (AYL) and intercropping advantage (IA) values were determined. The highest fresh grass yield was obtained from sole forage turnip with 3.90 t da⁻¹, the lowest from sole fodder pea with 1.80 t da⁻¹ and 2.04 t da⁻¹ from 25FT+75FP% treatments. The mixture of The 50%FT+50FP exhibited higher LER (1.07). The competition of forage turnip is higher than forage pea, and the real yield loss decreased with the increase of forage turnip in the mixtures. As a result, it was determined that the 50FT+50FP% mixture showed superior performance compared to other treatments. However, this mixture was insufficient in terms of green grass yield. According to this, it was concluded that it would be more appropriate to conduct the second year of the study and add intermediate ratios to the mixtures in order to interpret the results more accurately and reveal clear results.

Keywords: Forage turnip, forage pea, intercropping, fresh yield, competition

1. Giriş

Türkiye'de 19 milyon büyükbaş hayvan birimi (BBHB) bulunmakta olup, bu hayvan varlığının yıllık kaliteli kaba yem ihtiyacı ise 86 milyon tondur. Yem bitkileri ekim alanları ve çayır meralardan elde edilen kaba yem miktarı 31 milyon ton olup, açık ise 55 milyon tondur (Acar ve ark., 2020; Gülümser ve ark., 2023).

Türkiye sahip olduğu çok farklı iklim, toprak ve üretim deseni sayesinde birçok yem bitkisinin başarıyla yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak ülkede tarımı yapılan yem bitkisi sayısı yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bu durum mevcut hayvan varlığının ihtiyaç duyduğu kaba yem miktarının daha da artması anlamına gelmektedir. Nitekim hem dünyada hem de ülkemizde artan nüfus ile birlikte, tarım alanların da azaldığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle üreticiler son yıllarda mevcut tarım alanlarından daha fazla yararlanabilmek için karışık ekim sistemlerine başvurmaktadırlar.

Karışık ekim aynı zamanda ve aynı alanda birden fazla türün yetiştirilmesi anlamına gelmektedir. Karışık ekim sistemi hem toplam üründe hem de üretici gelirinde artış sağlamaktadır. Ayrıca aynı ortamda bulunan bitkiler toprak, su, ışık ve besin maddelerini daha etkin kullanarak, çevreye de daha az zarar vermektedir (Fordham, 1983; Francis, 1985; Akman ve Kara, 2001; Bauman ve ark., 2002; Seydeşoğlu, 2020; Seydeşoğlu ve ark., 2020; Sipahioğlu ve ark., 2022; Çopur Doğrusöz ve ark., 2023).

Karışıma giren bitkilerin familyaları ve tohum oranları farklılık ihtiva edebilir. Bu iki durumda da türler arasında rekabet

sorununun ortaya çıkması yadsınamaz bir gerçektir. Nitekim hem sahip oldukları farklı morfolojik hem de büyüme özellikleri sayesinde ışık, su ve besin maddesi alımında birbirlerine engel teşkil edeceklerdir. Bu nedenle karışımdaki türler arasındaki dengeyi sağlamak için hem karışıma girecek tür/türlerin ve tohum oranlarının iyi ayarlanması gerekmektedir (Çopur Doğrusöz ve ark., 2023).

Buna çalışmada; yem şalgamı ile yem bezelyesi karışımlarının yeşil ot verimi ile rekabet oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma arazisinde 2022-2023 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak yem şalgamının (*Brassica rapa* L.) "Lenox", yem bezelyesinin (*Pisum arvanse* L.) "Özkaynak" çeşitleri kullanılmış olup, 4 farklı karışım oranı (yem şalgamı: yem bezelyesi sırasıyla: %100:0, %50:50, %25:75 ve %0:100) ele alınmıştır.

Bilecik Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan ilin uzun yıllar ile çalışmanın yürütüldüğü vejetasyon dönemine ait sıcaklık, yağış ve nem değerleri incelendiğinde; uzun yıllar sıcaklık ortalaması 7.7 °C iken, vejetasyon döneminde ise 8.7 °C olduğu görülmüştür. Bilecik ilinin uzun yıllar ile 2022-2023 vejetasyon dönemine ait toplam yağış miktarları sırasıyla 322.0 ve 288.6 mm olarak tespit edilmiştir (Tablo 1.).

Tablo 1. Bilecik ili uzun yıllar ile deneme yılına ait iklim verileri*

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	Uzun yıllar	2022-2023	Uzun yıllar	2022-2023
Kasım	9.0	13.6	37.2	31.4
Aralık	4.5	10.9	55.9	8.7
Ocak	2.4	7.7	50.1	17.0
Şubat	3.7	5.9	42.0	33.6
Mart	6.4	3.7	47.3	74.7
Nisan	11.5	8.1	41.8	55.6
Mayıs	16.1	11.3	47.7	67.6
Ortalama	7.7	8.7		
Toplam			322.0	288.6

*: Bilecik Meteoroloji Bölge Müdürlüğü.

Deneme alanı toprağının yapısı killi-tınlı olup, pH'sı hafif alkali (7.67), kireç içeriği orta (% 7.77) ve tuz içeriği ise (% 0.041) azdır. Fosfor içeriği (28.66 kg da⁻¹) ve potasyum içeriği (155.63 kg da⁻¹) fazla olup, organik madde miktarı ise (% 1.16) az olarak tespit edilmiştir.

Çalışma 22.10.2022 tarihinde ve Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre, 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim el ile yapılmıştır. Denemede sıra arası 20 cm, sıra uzunluğu 4 m olup, parseller 6 sıradan oluşmuştur. Çalışmada dekara tohumluk miktarı yem şalgamında 1 kg, yem bezelyesinde ise 10 kg olarak hesaplanmıştır. Ekim ile birlikte dekara 8 kg fosfor gelecek şekilde DAP gübresi verilmiştir. Hasat işlemi yalın yem şalgamı ve karışımlarda yem şalgamının tam çiçeklenme, yalın yem bezelyesinde bakla bağlama döneminde yapılmıştır.

Parsel ağırlığı tartılan işlemlerin dekara çevrilerek yeşil ot verimleri belirlenmiştir. İşlemlerin alan eşdeğerlik oranları ve diğer rekabet indekslerine ait hesaplamalar yeşil ot verimine göre belirlenmiştir.

Alan Eşdeğerlik Oranı (AEO) Willey (1979)'in belirlemiş olduğu metoda göre belirlenmiştir. Buna göre AEO ekildikleri parsellerdeki yem şalgamı ile yem bezelyesinin yeşil ot verimlerinin yalın ekildikleri parsellerdeki yeşil ot verimlerine bölünmesi ve yem şalgamı ile tahıllar için bulunan değerlerin toplanması yolu ile hesaplanmıştır. AEO değeri <1 olduğunda karışık ekimin yalın ekimlere göre dezavantajlı, AEO = 1 olduğunda karışık ekim ile yalın ekim arasında fark olmadığı, AEO > 1 olduğunda ise karışık ekimin yalın ekime göre daha avantajlı olduğu anlamına gelmektedir (Boz, 2006).

Alan Eşdeğerlik Oranı (AEO): AEO_{Yem} şalgamı + AEO_{Yem} Bezelyesi

AEO_{Yem} şalgamı : $Y\dot{S}_{KV}/Y\dot{S}_{YV}$ AEO_{Yem} Bezelyesi : YB_{KV}/YB_{YV}

$Y\dot{S}_{KV}$: Yem şalgamının karışımdaki yeşil ot verimi

$Y\dot{S}_{YV}$: Yem şalgamının yalın yeşil ot verimi

YB_{KV} : Yem bezelyesinin karışımdaki yeşil verimi

YB_{YV} : Yem bezelyesinin yalın yeşil ot verimi

Karışımlar arasındaki Rekabet Oranı ve saldırganlık değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

Rekabet oranı $_{Yem}$ şalgamı : $(AEO_{Yem}$ şalgamı/ AEO_{Yem} bezelyesi) $\times$ ($Y\dot{S}_{KO}/YB_{KO}$)

Rekabet oranı $_{Yem}$ bezelyesi : $(AEO_{Yem}$ bezelyesi/ AEO_{Yem} şalgamı) $\times$ ($YB_{KO}/Y\dot{S}_{KO}$)

$Y\dot{S}_{KO}$: Yem şalgamının karışım oranı

YB_{KO} : Yem bezelyesinin karışım oranı (Willey ve Rao, 1980; Bantie ve ark., 2014).

Saldırganlık $_{Yem}$ şalgamı ($S_{Y\dot{S}}$) : $(Y\dot{S}_{KV}/Y\dot{S}_{YV}\times Y\dot{S}_{KO})-(YB_{KV}/YB_{YV}\times YB_{KO})$

Saldırganlık $_{Yem}$ bezelyesi (S_{YB}) : $(YB_{KV}/YB_{YV}\times YB_{KO})-(Y\dot{S}_{KV}/Y\dot{S}_{YV}\times Y\dot{S}_{KO})$ (Willey ve Rao, 1980).

Burada $S_{Y\dot{S}}$ değeri sıfır ise her iki türünde eşit olduğu, $S_{Y\dot{S}}$ değeri pozitif ise yem şalgamının baskın olduğu ve $S_{Y\dot{S}}$ değeri negatif ise yem şalgamının baskılanan tür olduğu anlamına gelmektedir (Dhima ve ark., 2007; Lithourgidis ve ark., 2011).

Karışımların gerçek verim kayıpları (GVK) Banik ve ark. (2000)'nın belirledikleri yönteme göre hesaplanmıştır. Buna göre GVK değeri pozitif olması yalınlara göre karışık ekimin avantajlı, negatif olması ise karışık ekimin dezavantajlı olduğu göstermektedir.

$GVK : GVK_{Y\dot{S}} + GVK_{YB}$

$GVK_{Y\dot{S}} : ((Y\dot{S}_{KV}/Y\dot{S}_{KO})/(Y\dot{S}_{YV}/100)-1)$

$GVK_{YB} : ((YB_{KV}/YB_{KO})/(YB_{YV}/100)-1)$

İşlemlerin karışım avantaj değerlerinin belirlenmesinde Baraki ve ark. (2023)'nın belirledikleri yönteme göre hesaplanmıştır. Buna göre işlemlerin gerçek verim kaybı ile güncel fiyatlarının çarpılması ile karışım avantaj değerleri belirlenmiştir.

$KA_{Y\dot{S}} : (GVK_{Y\dot{S}}*GF_{Y\dot{S}})$

$KA_{YB} : (GVK_{YB}*GF_{YB})$

$KA : KA_{Y\dot{S}} + KA_{YB}$

$KA_{Y\dot{S}}$: Yem şalgamı karışım avantajı

KA_{YB} : Yem bezelyesi karışım avantajı

$GF_{Y\dot{S}}$: Yem şalgamının güncel ot fiyatı (25 TL/kg)

GF_{YB} : Yem bezelyesinin güncel ot fiyatı (15 TL/kg)

Elde edilen sonuçlar SPSS.22 istatistik paket programı kullanılarak, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre analiz edilmiştir. Ele alınan özellikler arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Yem şalgamı ile yem bezelyesi karışımlarının yeşil ot verimi, alan eşdeğerlik oranı (AEO), gerçek verim kaybı (GVK) ve karışım avantaj (KA) değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre yeşil ot verimi, AEO, GVK ve KA bakımından işlemler arasında çok önemli ($p<0.01$) farklılık olmuştur. (Tablo 2).

En yüksek yeşil ot verimi 3.90 t da^{-1} ile yalın yem şalgamı, en düşük 1.80 t da^{-1} ile yalın yem bezelyesi ve 2.04 t da^{-1} ile % 25YŞ+75B işlemlerinden elde edilmiştir (Tablo 2). Yem şalgamının karışımlarda oranının artması ile yeşil ot verimlerinin de arttığı görülmektedir. Bu durum yem şalgamının erkenci ve büyük bir habitus oluşturmamasının sonucudur (Tablo 2). Gülümser ve Mut (2023) yem şalgamı ile farklı tahılların (arpa, buğday ve yulaf) karışımlarının yeşil ot veriminin $2.39\text{--}4.32 \text{ t da}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

% 50YŞ+50YB daha yüksek AEO (1.07) sergilemiştir. Diğer taraftan % 25YŞ+75YB karışımının AEO 0.78 olmuştur (Tablo 2).

Bu durum % 50YŞ+50YB karışımının yalınlar göre daha avantajlı, % 25YŞ+75YB karışımının ise dezavantajlı olduğunu gösterir. Nitekim AEO’nun 1den büyük olması karışım içerisinde bulunan bitkilerin kök ve gövde yapılarının, besin ihtiyaçlarının ve ekolojik şartlara gösterdikleri tepkilerinin farklı olmasının ve dolayısıyla da karışımların yalınlar göre çevresel kaynakları daha etkin kullandıklarını da göstermektedir (Albayrak ve ark., 2004). Çopur Doğrusöz ve ark. (2019) yem şalgamı ile Macar fiği, yaygın fiğ ve yem bezelyesinin AEO değerlerinin 0.61-2.39 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

GVK -0.143 ile 0.131 arasında değişirken, yem şalgamının % 25 oranında yer aldığı karışımda gerçek verim kaybı daha yüksek olmuştur. Diğer taraftan % 50YŞ+50YB 6.356 ile % 25YŞ+75YB işlemine göre (0.100) daha avantajlı karışım olduğunu göstermiştir. Her iki özellik de yem şalgamının karışımlarda oranının yüksek olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yılmaz ve ark. (2015) arpa ile fiğ karışımlarının GVK değerlerinin -0.382 ile 2.002, Yılmaz ve ark (2008) ise mısır ile fasulye ve börülce karışımlarının KA oranının -382.53 ile +372.75 arasında bulmuşlardır.

Tablo 2. Yem şalgamı tahıl karışımlarının yeşil ot verimi ile alan eşdeğerlik oranları

Karışımlar	YOV**	AEO**	GVK**	KA**
100 ^{YŞ}	3.90 ^a	-	-	-
100 ^{YB}	1.80 ^c	-	-	-
50 ^{YŞ} +50 ^{YB}	2.90 ^b	1.07 ^a	0.131 ^a	6.356 ^a
25 ^{YŞ} +75 ^{YB}	2.04 ^c	0.78 ^b	-0.143 ^b	0.100 ^b
Ortalama	2.66	0.92	-0.006	3.228

**($p<0.01$). YOV: Yeşil ot verimi; AEO: Alan eşdeğerlik oranı; GVK: Gerçek verim kaybı; KA: Karışım avantajı; YŞ: Yem şalgamı; YB: Yem bezelyesi.

Yem şalgamı tahıl karışımlarının rekabet ve saldırganlık oranları bakımından işlemler arasında % 1 ihtimal seviyesinde fark olmuştur (Tablo 3). Genel olarak karışımlarda yem şalgamının daha baskın olduğu görülmektedir. Yem şalgamı habitus bakımından yem bezelyesine oranla daha güçlü olup, daha erken gelişme göstermektedir. Dordas ve ark. (2012) baklagillerin karışımlarda diğerlerine göre

çekingen olduğunu bildirmiştir. Karışımlarda yem şalgamını tohum oranlarına bağlı olarak ekim oranı azaldıkça saldırganlık değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Dhima ve ark. (2007) saldırganlık değerlerinin karışımlarda kullanılan türlerin ve ekim oranları arasındaki rekabeti belirlediğini bildirmektedir.

Tablo 3. Yem şalgamı yem bezelyesi karışımlarının rekabet ve saldırganlık oranları

Karışımlar	Rekabet Oranı		Saldırganlık değeri	
	Yem şalgamı**	Yem bezelyesi**	Yem şalgamı**	Yem bezelyesi**
50YŞ+50YB	2.31 ^a	0.49 ^b	0.0075 ^a	-0.0075 ^b
25YŞ+75YB	1.94 ^b	0.52 ^a	0.0059 ^b	-0.0059 ^a
Ortalama	2.13	0.50	0.0067	-0.0067

YŞ: Yem şalgamı; YB: Yem bezelyesi; **($p < 0.01$).

4. Sonuç

Bu çalışmada Bilecik ekolojik koşullarında yem şalgamı ile yem bezelyesi karışımlarının yeşil ot verimi ile rekabet oranlarının belirlenmesi amaçlanmış olup, çalışma 2022-2023 vejetasyon döneminde tek yıl süreyle yürütülmüştür.

En yüksek yeşil ot verimi yalın yem şalgamında belirlenirken, onu % 50YŞ+50YB takip etmiştir. Yine en yüksek AEO 1.07 ile % 50YŞ+50YB karışımında tespit edilmiştir. Yem şalgamının yem bezelyesine göre rekabet gücünün daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca karışımlarda yem şalgamının artması ile gerçek verim kaybı da azalmıştır.

Sonuç olarak; rekabet indeks değerlerine göre; % 50YŞ+50YB karışımı diğer işlemlerden daha üstün performans sergilemiş olup, yeşil ot verimi bakımından ise yeterli olmadığı görülmüştür. Buna göre; daha sağlıklı yorumlanması ve net sonuçlarının ortaya konulması bakımından çalışmanın ikinci yılının yapılması ve karışımlarda ara oranlarının da ilave edilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Yazarların katkı beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

Acar, Z., Tan, M., Ayan, İ., Önal Aşçı, Ö., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., Can, M., Kaymak, G., 2020. Türkiye’de yem bitkileri tarımının durumu ve geliştirme olanakları. *Türkiye Ziraat Mühendisleri*

IX. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak, Ankara, s: 529-553.

Akman, Z., Kara, B., 2001. Ekolojik tarımda birlikte ekim (intercropping)’in rolü. *Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu*, 14-16 Kasım, Antalya, s. 375-383.

Albayrak, S., Güler, M., Töngel, M.Ö., 2004. Effects of seed rates on forage production and hay quality of vetch-triticale mixtures. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(6): 752-756

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., Bagchi, D.K., 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1: 1 and 2: 1 row-replacement series systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185 (1): 9-14.

Bantie, Y.B., Abera, F.A., Woldegiorgis, T.D., 2014. Competition Indices of Intercropped Lupine (Local) and Small Cereals in Additive Series in West Gojam, North Western Ethiopia, *American Journal of Plant Sciences*, 5: 1296-1305.

Baraki, F., Gebregergis, Z., Teame, G., Belay, Y., 2023. Augmenting productivity and profitability through Sesame–Legume intercropping. *Heliyon*, 9: e18333.

Bauman, D.T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., Vanlaar, H.H., Kropft, M.J., 2002. Analysing crop yield and plant quality in a intercropping system using an eco - physiological model for interplant competition. *Agricultural System*, 73, 173-203.

- Boz, A.R., 2006. Çukurova koşullarında ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve börülce (*Vigna sinensis* L.)'nin hasıl olarak birlikte yetiştirilme olanaklarının saptanması üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Çopur Doğrusöz, M., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., 2019. Performance of legumes-turnip mixtures with different seed rates. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7 (1): 81-86.
- Çopur Doğrusöz, M., Hakkoymaz, Oğuzhan., Başaran, U., Mut, H., Gülümser, E., 2023. Çavdar ile Macar fiği ve Yem Bezelyesinin Karışık Ekim Sisteminde Ot Verimi ve Kalitesi *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2): 442-450.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crop Research*, 100: 249-256.
- Dordas, C.A., Vlachostergios, D.N., Lithourgidis, A.S., 2012. Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. *Crop and Pasture Science*, 63: 45-52.
- Fordham, R., 1983. Intercropping, what are the advantages. *Outlook on Agriculture*, 12: 3.
- Francis, C.A., 1985. Intercropping-Competition and Yield Advantage, Cropping Systems. Rodale Research Center, Box, 323, RDI, Kutztown, PA 19530.
- Gülümser, E., Mut, H., 2023. Competition indices of forage turnip cereal intercrops in different seeding ratio. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 38(2): 385-396.
- Gülümser, E., Yıldırım, İ., Kardeş, Y.M., Başaran, U., 2023. Bilecik ekolojik koşullarında mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) ile adi fiğin (*Vicia sativa* L.) kaba yem verimi ve kalitesinin belirlenmesi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(Özel Sayı): 938-942.
- Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., Damalas, C.A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Seydoşoğlu, S., 2020. Farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinin yem bezelyesi ile arpa karışımlarının ot verim performansına etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 2136-2142.
- Seydoşoğlu, S., Turan, N., Oluk, A., 2020. Bazı baklagil yem bitkileri ile arpa karışım oranları belirlenerek yem verimi ve kalitesine etkisinin araştırılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2): 289-296.
- Sipahioğlu, O., Mut, H., Gülümser, E., Çopur Doğrusöz, M., Mut., 2022. Using barley as companion crop in forage pea cultivation. *ISPEC Journal of Agriculture Sciences*, 6(2): 202-210.
- Willey, R.W., 1979. Intercropping-Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts*. 32: 1-10.
- Willey, R.W., Rao, M.R., 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 16: 117-125.
- Yılmaz, Ş., Atak, M., Erayman, M., 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 111-119.
- Yılmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., Erayman, M., 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 135-143.

Atıf Şekli: Sezer, M., Azak, M., Yıldırım, İ., Gülümser, E., 2024. Yem Şalgamı ile Yem Bezelyesi Karışımlarının Yeşil Ot Verimi ve Rekabet Oranı. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 290-296.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11664822>.

To Cite: Sezer, M., Azak, M., Yıldırım, İ., Gülümser, E., 2024. Fresh Yield and Competitive Ratios of Forage Turnip and Forage Pea Mixture. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 290-296.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11664822>.

Some Indicators for the Assessment of Soil Health: A Mini Review

Erdal SAKİN ^{1*}, Halil İbrahim YANARDAĞ ², Zemzem FIRAT ¹, Ahmet ÇELİK ³

Vedat BEYYAVAŞ ¹, Suat CUN ¹

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

² Malatya Turgut Özal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Battalgazi, Malatya

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

*Corresponding author: esakin@harran.edu.tr

Received: 01.02.2024

Accepted: 20.03.2024

Abstract

Soil health depends on a delicate balance of biological, chemical and physical parameters, each of which affects the overall vitality and productivity of the soil ecosystem. Biological parameters include organism populations, microbial diversity and enzyme activity. Organic matter content fuels microbial activity improves nutrient cycling and soil structure. Chemical parameters such as pH, nutrient levels and salinity determine nutrient availability and microbial function. Optimum pH levels sustain microbial diversity and enzymatic activity, which is crucial for nutrient cycling. Physical parameters such as soil texture, structure and porosity govern water infiltration, root penetration and air exchange. Adequate porosity ensures oxygen availability for root respiration and microbial activity, while soil structure determines water retention and drainage. These parameters are interconnected and changes in one aspect can propagate throughout the entire soil ecosystem. For example, increased organic matter increases microbial biomass and enzymatic activity, improving nutrient cycling and soil structure. Conversely, chemical imbalances or physical compaction can inhibit microbial function and degrade soil structure. Therefore, holistic soil management strategies should aim to synergistically optimise biological, chemical and physical parameters. Sustainable practices such as crop rotation, cover cropping and reduced tillage increase organic matter content, regulate pH levels and maintain soil structure. Monitoring and managing these parameters holistically promotes soil health, resilience to environmental stressors and long-term agricultural productivity while maintaining ecosystem integrity.

Keywords: Soil health, biological, chemical and physical parameters

1. Introduction

The human interest in soil quality and health and functionality can be traced back to the earliest periods of civilisation (Brevik and Sauer, 2015). According to Lal (2016), around 1400 BC, Moses summarised the functionality or quality of soil to his followers entering Canaan with the following words: 'Look at what the land looks like and see if the people living there are strong, whether they are few or many. What kind of soil do they live on? Is it good or bad? What is the soil like? Is it fertile or poor? Are there trees or not? Do your best to get fruit from the soil' (Number 13:18-20). Before the development of soil science, people used to decide whether the soil was healthy or not by looking at its yield and morphological structure. If the soil was fertile, they would comment on its health status by considering parameters such as darkness and lightness of soil colour, lightness and softness.

In approximately 60 BC, Columella established a correlation between human health and soil conditions and described diseases that could be transmitted from marshes (Sylvia et al., 1998). In the Sanskrit manual 'Artha Sastra', Chanukya/Kautilya (4th century BC) describes techniques for land managers to improve soil function by applying fertiliser and other systems to manage soil fertility and conserve water. Ibn al-Awwam, a 12th century Moorish philosopher, wrote in his Book of Agriculture (Kitab-Al-Felaha): 'The first step in agriculture is to recognise the soil and how to distinguish good quality from poor quality. The depth of the soil should also be taken into account, because often the surface layer can be black'.

Since the 1970s, soil quality and health have received increasing attention due to the growing world population (Doran and Zeiss, 2000). Today, three interrelated terms are used for soil indicators: soil quality, soil functionality and soil health. Soil quality is defined as 'fitness for use' (Larson and Pierce, 1991) and 'the capacity of soil to function' (Karlen et al., 1997).

Consequently, the functions of soil, which are intricately linked to soil quality, depend on the specific land use. These include plant and animal productivity (in the case of agricultural land use), forest productivity (in the case of silviculture land use), air and water quality related to human health and settlement (in the case of urban land use), contamination with heavy metals (in the case of mine lands and urban lands), and so forth (Daily et al., 1997).

Although the terms soil quality and soil health are similar, they are not intended to be used interchangeably. Soil quality relates to the functions of soil or what soil does, whereas soil health presents soil as a finite and dynamic living thing and is directly related to plant and animal health. More specifically, soil health is defined as 'the capacity of soil to function as a vital living system to sustain biological productivity, maintain environmental quality and promote plant, animal and human health' (Doran et al., 1996; Doran and Zeiss, 2000).

The concern to protect/improve soil health emerged much later than the concern for water and soil. Soil processes have come to be seen as an ecosystem in their own right rather than as a component of the soil ecosystem. While criteria, indicators and standards for water and air quality are clear and universally recognised, the concept of soil quality, further elaborated as soil health, is still evolving and only a few countries have so far established soil quality legislation (Filip, 2002; Nortcliff, 2002).

The integration of various factors, including physical, chemical, biological and enzymatic activity, can facilitate more accurate and better soil assessment (Liao et al., 2014). These factors should be used together as indicators of soil quality assessment (Liao et al., 2014).

Agricultural practices such as tillage, natural disturbances, irrigation, stubble burning, pesticide and fertiliser applications can result in an imbalance in physical and chemical parameters, including soil structure, soil moisture, pH and organic matter (Vallejo et al., 2012). Nevertheless,

organic carbon also serves as an important indicator of soil fertility, microbial activity and soil health (Obalum et al., 2017).

Soil is an important component of the terrestrial ecosystem and contains various life forms, including soil organisms (microorganisms) that assist in nutrient cycling and nutrient recycling (Nielsen et al., 2002). Soil health parameters represent an effective bio-indicator tool for monitoring environmental quality and ecological changes, as they respond promptly to any disturbance in the soil ecosystem (Winding et al., 2005). Due to the need to feed the growing population and commercial concerns, intensified agricultural practices have reduced the organic matter and microbial activities in soils over time, leading to decreased soil fertility. There are studies emphasizing the importance of using microorganisms and organic materials alongside mineral applications to enrich soils with organic matter and restore quality factors to ensure sustainability (Sarioğlu et al., 2017).

Physical, chemical and biological parameters of soil are determinants for soil health, but soil enzymes serve as a good

indicator or marker to determine soil fertility (Bakshi and Varma, 2011). The origin of enzymes in soil can be attributed to a variety of sources, including plants, animals, and microorganisms (Tiwari et al., 2019). Enzymes are typically associated with living cells, but they can also be excreted into the soil solution by dead cells (Bandick and Dick, 1999). The enzyme in solution interacts with humic acid or clay substances (Bandick and Dick, 1999; Tiwari et al., 2019), which are known for their ability to break down clays and participate in biochemical processes and nutrient recycling of soil (Bakshi and Varma, 2011). Given the important role of soil enzymes in these processes, they can be utilised to regulate ecosystem functioning (Makoi and Ndakidemi, 2008). Furthermore, enzymes serve as valuable indicators for monitoring soil contamination with heavy metals, pesticides or hydrocarbons (Baran et al., 2004).

In this review, a brief overview of potential physical, chemical and biological indicators for soil health parameters is discussed and shown in figure 1.

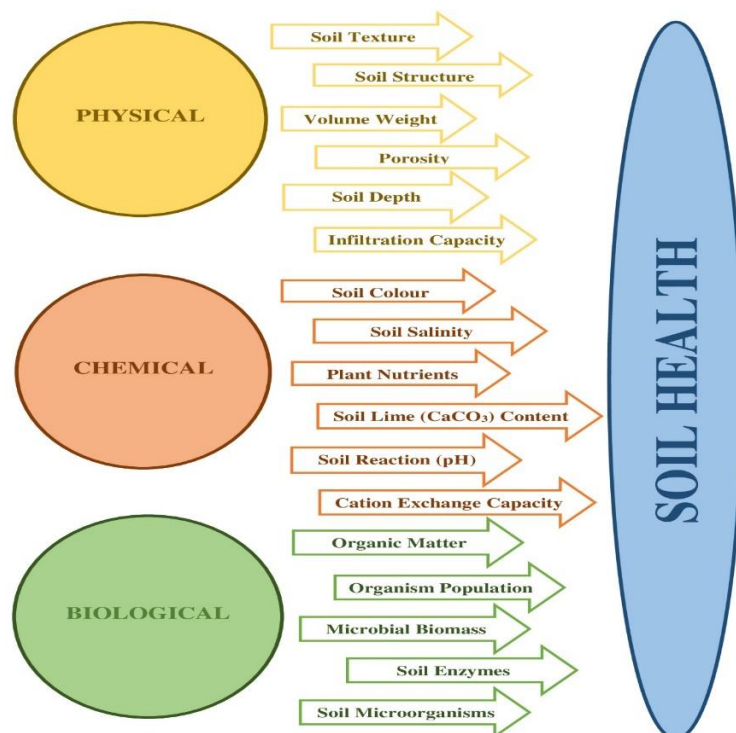


Figure 1. Soil health parameters

2. Physical Health Parameters

These are texture, volume weight, soil structure, porosity, soil depth and infiltration capacity. Soil texture is a very important soil health parameter that affects many critical soil functions. It governs water retention, drainage, nutrient availability, soil structure, root penetration and erosion susceptibility. Sandy soils with larger particles have good drainage but lower water retention, while clay soils with smaller particles exhibit higher water retention but poorer drainage. This dynamic directly influences plant growth as well as the availability of essential nutrients through its effect on cation exchange capacity and soil pH. Furthermore, soil texture plays a vital role in soil structure formation by influencing root penetration and soil aeration. Understanding soil structure enables specific management practices to optimise soil health, such as selecting appropriate crops, implementing conservation tillage and erosion control measures. By assessing soil texture as a soil health parameter, farmers and land managers can make informed decisions to increase agricultural productivity, maintain soil fertility and reduce environmental degradation. Soil texture plays an important role in determining the volume weight of soil (Martin et al., 2017) and in improving soil health as it provides isolated microhabitats for microorganisms, resulting in an increase in the diversity and abundance of microorganisms (Li et al., 2010; Rabot et al. 2018; Abraham et al., 2019). Microbial activity is influenced by soil texture as it directly affects soil moisture content and temperature (Chau et al. 2011; Vinhal-Freitas et al., 2017).

It should be noted that volume weight is not a natural property of soil and varies with a number of factors, including rainfall, root growth and normal field traffic (Casanova et al., 2016; Al-Shammmary et al., 2018). It serves as an important indicator for assessing soil quality and is widely used in various prediction models for soil health assessment (Fernandez et al., 2019; Lema et

al., 2019). Bulk weight is a fundamental soil health parameter with significant effects on soil structure, porosity, water holding capacity, nutrient availability and erosion risk. As a measure of soil mass per unit volume, it directly reflects soil compaction and its impact on various soil functions. High bulk weight indicates soil with pore spaces compacted, which inhibits water infiltration, air movement and root penetration. This adversely affects soil aeration, drainage and nutrient cycling, negatively affecting plant growth and microbial activity. Furthermore, compacted soils are more susceptible to erosion, accelerating soil degradation and loss of fertile topsoil. Therefore, bulk weight guides management practices aimed at improving soil health, productivity and sustainability. Li et al. (2002) reported that soil microbes and enzymatic activities also affect soil bulk density.

Soil structure affects soil porosity, which in turn affects the exchange of gases such as oxygen and carbon dioxide between the soil and the atmosphere. Adequate pore spaces between soil aggregates allow sufficient air movement, facilitating root respiration and microbial activity.

Soil porosity refers to the arrangement and distribution of pore spaces within the soil. These pore spaces are essential for the movement of air, water and nutrients through the soil, which are critical for plant growth and overall soil health. Of these, macropores are larger pores that allow the movement of air and water. Macropores promote root respiration by facilitating drainage and aeration within the soil. Micropores retain water and nutrients and make them available for uptake by plant roots. Micropores also provide habitat for microorganisms that play a vital role in soil fertility and nutrient cycling. Macro- and micropores facilitate gas exchange between soil and atmosphere, providing an adequate supply of oxygen for root respiration and microbial activity. Poorly aerated soils can become anaerobic, leading to the accumulation of harmful gases such as

methane (CH₄) and hydrogen sulphide (H₂S). Soil porosity exerts a profound influence on microbial diversity and activity, which in turn affects nutrient cycling, organic matter decomposition and overall soil fertility. Factors such as soil texture, organic matter content, compaction and land use practices can affect soil porosity and can be considered when assessing soil health.

Soil depth refers to the thickness or depth of the soil layer covering the earth's surface. It is a very important parameter in assessing soil health as it directly affects the soil's ability to support plant growth and sustain ecosystems. Soil depth affects the diversity and activity of soil organisms. Deeper soils provide more habitat for a variety of soil organisms, including bacteria, fungi, earthworms and other microorganisms. These organisms play vital roles in nutrient cycling, organic matter decomposition and soil structure formation, contributing to overall soil health.

Evaluating soil depth as a soil health parameter involves measuring the thickness of the soil profile and assessing its effects on plant growth, water retention, nutrient availability, biological activity and erosion resistance. Understanding soil depth enables land managers to make informed decisions regarding land use, conservation practices and soil management strategies to maintain or improve soil health for sustainable agriculture and ecosystem functioning.

Infiltration capacity is an important aspect of soil health and refers to the rate at which water penetrates or infiltrates the soil surface. It is essentially a measure of how fast water can enter the soil rather than run off the surface. This parameter is important because it directly affects various aspects of soil health and ecosystem function. Soils with high water-holding capacity are ideal for plant growth and provide efficient use of water (Yan et al., 2015). This property is vital for maintaining soil moisture levels during dry periods, which in turn supports plant growth, sustains ecosystems and

promotes the addition of organic matter to the soil. Adequate water retention facilitates nutrient cycling within the soil. Thus, it causes microbial community changes in the soil (Geisen et al., 2014). It helps the solubilisation of nutrients, making them available for plant roots and microbial communities.

3. Chemical Health Parameters

These are colour, pH, CaCO₃, salinity, KDK and plant nutrients. Soil colour is an important parameter of soil. The lightness or darkness of soil colour gives us some information about the soil. One of these information is the presence and amount of soil organic matter. Darker soils generally indicate higher organic matter content, which is beneficial for soil fertility and general health. Organic matter improves soil structure, water retention, nutrient availability and microbial activity. Soil colour serves as a valuable diagnostic tool to assess soil health and fertility. By understanding the importance of soil colour, farmers, land managers and scientists can better manage agricultural and natural ecosystems for sustainable productivity and environmental protection.

pH is an important soil property as it determines nutrient availability and the physical state of the soil and thus controls microbial diversity (Abraham et al., 2019). It also affects the buffering capacity and quality of soil organic matter (Usharani et al., 2019). It is well documented that a decrease in soil pH reduces microbial growth and activity (Geisseler and Scow, 2014). It plays an important role in determining the composition and activity of soil microbial communities. Many soil microorganisms have specific pH requirements for optimal growth and function. Maintaining a favourable pH level promotes a diverse and active microbial population, which is essential for nutrient cycling, organic matter decomposition and overall soil ecosystem health.

pH affects soil structure by influencing the aggregation of soil particles. Soils with good pH maintain soil structure, allowing

adequate water infiltration, root penetration and air exchange. However, poor pH levels can lead to soil compaction, crusting or poor drainage, which can adversely affect soil health.

Assessing soil reaction or pH is crucial for the purpose of evaluating soil health as it directly affects nutrient availability, microbial activity, soil structure, toxicity risks and crop suitability. Maintaining an optimum pH range is key to promoting healthy soil and sustainable agricultural practices. Baath and Anderson (2003) showed that an increase in soil pH leads to an increase in microbial biomass.

Salinity is defined as the accumulation of soluble mineral salts in soil (Tanji, 2002). Assessment of soil salinity is critical in assessing soil health as it directly affects various aspects of soil and plant health. Soil salinity can affect soil pH and chemical properties. Saline soils often contain high levels of sodium (Na^+) and chloride (Cl^-) ions, which can increase soil pH and impair nutrient availability. High sodium levels can lead to soil alkalinity, affecting the solubility of essential nutrients and contributing to nutrient imbalances (Zhao and Xu., 2016). Salinity-induced changes in soil chemistry affect soil health parameters such as nutrient availability, microbial activity and soil structure. The presence of excessive amounts of salts increases the osmotic potential of soil water, causing water withdrawal from the cell, which can kill microorganisms present in the soil (Yan et al., 2015).

Soil salinity affects several soil health parameters, including nutrient availability, soil structure, water holding capacity, microbial activity, soil chemistry and erosion risk. Understanding the effects of soil salinity on these parameters is essential to implement effective management strategies to maintain soil health and sustain agricultural productivity in salt-affected areas.

Soil cation exchange capacity (CEC) is a very important parameter that affects various soil health parameters. CEC refers

to the ability of soil to hold and exchange positively charged ions (cations) such as calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), potassium (K^+) and hydrogen (H^+). CEC is a fundamental property of soil that affects nutrient availability, soil fertility, pH buffering capacity, soil structure and other critical soil functions.

Soil CEC affects the retention and stabilisation of soil organic matter (Rahal and Alhumairi, 2019). Cations retained on soil surfaces can form complexes with organic matter and help retain organic carbon in the soil (Xu et al., 2016). Increased organic matter content improves soil health and fertility by improving soil structure, nutrient cycling, microbial activity and water holding capacity. Soil health and CEC are closely interrelated; CEC plays a critical role in influencing nutrient availability, pH buffering capacity, soil structure, organic matter retention and heavy metal retention (Graber et al., 2017). Understanding and managing soil CEC is essential to improve soil health, sustain agricultural productivity and protect environmental quality. CEC increases with an increase in pH (Graber et al., 2017). Soils with high CEC have high organic matter, and microbial diversity and abundance are also higher in soils with high organic matter (Xu et al., 2016).

Plant nutrients are essential elements that plants need for their growth and development. These nutrients are usually obtained by plants from the soil but can also be supplied by other means such as soil fertilisation or foliar fertilisation. The availability of these nutrients in soil is a critical factor in determining soil health and the overall productivity of an ecosystem. According to Worthington (2001) and Woese et al. (1997), the nutrients N, P and K play important roles in various physiological processes within the plant such as photosynthesis, energy transfer and cell division, while Ca, Mg and S contribute to processes such as enzyme activation, cell structure and nutrient uptake. Microbial biomass is closely related to primary

production in the ecosystem and is also associated with the functions and development of the soil system through nutrient circulation (Zak and Pregitzer, 1990). Therefore, microorganisms play a fundamental role in the shaping of soil structure and the realisation of biochemical cycles within the soil (Smith and Papendick, 1993).

Plants take up nitrogen in the form of ammonia and various soil microorganisms play an important role in the N cycle to convert atmospheric nitrogen to ammonia (Rice et al. 1997). Nitrogen plays a pivotal role in enhancing soil fertility and serves as a crucial indicator of soil fertility (Liu et al., 2013). Phosphorus plays a pivotal role in the conversion of carbon biomass into soil organic matter (Filippelli, 2017). Given that soil phosphorus affects a number of soil properties, plant growth, microbial activities and community structure, it can be considered an indicator of soil fertility in conjunction with nitrogen (Doolette and Smernik, 2011; Li et al., 2019b). Phosphorus is present in numerous forms within the soil, with the most readily available being that associated with organic matter. However, plants are unable to take up phosphorus in this organic form (Filippelli, 2017).

Potassium plays a pivotal role in the advancement of plant roots (Jaiswal et al., 2016), increasing crop yield and enabling plants to withstand various biotic and abiotic stresses. Additionally, it facilitates the activation of enzymes for metabolic processes in plants (Rao and Srinivas, 2017; Loka et al., 2018; Singh and Pathak, 2018; Sattar et al., 2019). Immobilisation of sulphur, which is the 4th macro element group after N, P and K, from soil is due to the soil microbial community and their metabolic activities (Kertesz and Mirleau, 2004; Bashri et al., 2017).

4. Biological Health Parameters

These are organic matter content (OM), organism population, microbial biomass, microorganisms, respiration rate, metabolic respiration coefficient and enzyme activity.

Biological parameters are key indicators of soil health as they reflect the activity and diversity of organisms in the soil ecosystem.

Soil organic matter (SOM) is defined as the accumulation of plant and animal remains at various stages of decomposition. It serves as a source of energy and nutrients for soil organisms and contributes to the formation of soil structure and the retention of water. High organic matter content indicates fertile soils with good microbial activity and nutrient cycling. Soil organic matter is a mixture containing both decomposed and undecomposed microorganisms and plant residues (Arias et al., 2005), therefore OM is included in the group of biological parameters. The presence of organic matter has been demonstrated to enhance the biological activity and diversity of the soil (Norris et al., 2018). Consequently, SOM is a valuable indicator of soil fertility and health (Anikwe, 2006; Obalum et al., 2017).

Soil organisms include plant and animal organisms such as bacteria, fungi, protozoa, nematodes, actinomycetes, algae, and earthworms. The population density and diversity of these organisms reflect the biological activity and health of the soil. A diverse and abundant population of soil organisms indicates a well-functioning soil ecosystem capable of nutrient recycling and organic matter decomposition, and a factory whose wheels are constantly turning.

Microorganisms such as bacteria and fungi play an important role in nutrient cycling, decomposition and disease suppression (Hayat et al., 2010). Microbial biomass refers to the total mass of microorganisms present in a given volume or weight of soil. High microbial biomass indicates active soil biology and efficient nutrient cycling, contributing to soil fertility and productivity.

Soil respiration is the process by which soil organisms and plant roots respire and release carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere. It refers to the release of carbon dioxide (CO₂) from the soil as a result of microbial activity breaking down organic

matter. This organic matter includes dead plant roots, leaves and other plant and animal remains. Respiration rate can be considered as a measure of microbial activity and decomposition rates in soil. Often used as an indicator of soil health, higher respiration rates indicate greater microbial activity and decomposition of organic matter. This mechanism is a vital process in the carbon cycle and helps researchers as a basic indicator of soil health. Microbial indicators used in European countries are mainly microbial biomass and soil respiration (Nielsen and Winding, 2002).

Healthy soils are full of diverse microbial life, including bacteria, fungi and other microorganisms. These microorganisms decompose organic matter, releasing water, mineral matter and CO₂ as a by-product of their metabolic processes (Gardiner and Miller, 2008). Soil respiration rate reflects the level of microbial activity, which is an indicator of soil health. A more active microbial community generally indicates better soil health. Soil respiration rates are generally correlated with the amount of organic matter present in the soil. Higher organic matter content generally leads to higher respiration rates, which is due to the availability of more organic materials for microbial decomposition. The monitoring of soil respiration can provide valuable insights into the health of the soil, as organic matter plays a crucial role in soil structure, fertility and moisture retention.

Soil respiration is closely linked to nutrient cycling within the soil ecosystem. As microbes decompose organic matter, nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, which are essential for plant growth, are released (Sparling et al., 2004). Monitoring soil respiration can help assess the efficiency of nutrient cycling processes in soil, which is crucial for maintaining plant productivity and overall ecosystem health. Soil respiration has wider environmental impacts, particularly in terms of its contribution to atmospheric CO₂

levels and climate change. Soils, especially terrestrial ecosystems, are important carbon pools that store large amounts of carbon. However, excessive soil respiration, especially from disturbances such as deforestation or intensive agriculture, leads to carbon loss from soils, resulting in CO₂ emissions. In this respect, monitoring soil respiration can help assess its impact on carbon storage and overall environmental sustainability.

Soil respiration serves as a valuable indicator of soil health by reflecting microbial activity, organic matter content, nutrient cycling and environmental impacts. Monitoring soil respiration can help inform land management practices aimed at improving soil health, increasing agricultural productivity and mitigating climate change. According to El-Ramady et al. (2014), soil management can improve soil quality by leading to reduced use of agrochemicals, reduced tillage and lower fuel consumption of farm equipment, and can also contribute to sequestering more CO₂ in the soil, which benefits the environment. Modern agricultural science has the ability to correct many of the wrong practices of the past and ensure the sustainable use of healthier soils.

The coefficient of metabolic respiration ($q\text{CO}_2$) is a biological parameter used to assess the productivity of microbial communities in soil. It is a ratio that compares the microbial respiration rate (CO₂ production) to the biomass of microorganisms present in the soil (Jenkinson and Powlson, 1976). Essentially, it provides information on microbial activity and carbon cycling in soil by measuring the amount of CO₂ produced per unit of microbial biomass. The coefficient of metabolic respiration ($q\text{CO}_2$) is calculated as the rate of microbial respiration (CO₂ production) divided by microbial biomass. It is usually expressed in units of $\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ microbial biomass h^{-1} or $\mu\text{g CO}_2\text{-C mg}^{-1}$ microbial biomass h^{-1} (Anderson and Domsch, 1990).

A low qCO_2 value indicates that microbial communities are efficient in utilising organic matter for energy production, leading to a lower rate of CO_2 production than microbial biomass. This indicates a more stable and mature soil ecosystem with efficient nutrient cycling and carbon sequestration. A high qCO_2 value indicates that microbial communities are less efficient and produce more CO_2 than microbial biomass. This can occur in soils with high organic matter input or degradation, where microbial communities rapidly decompose organic matter but do not efficiently convert it into stable soil organic carbon. Monitoring changes in qCO_2 over time can provide information on soil health and the response of microbial communities to environmental conditions, management practices and disturbances. A decreasing qCO_2 value indicates improved soil health and increased microbial productivity, while an increasing qCO_2 value may indicate declining soil quality or microbial stress.

Sustainable soil management practices that promote microbial diversity, soil organic matter accumulation and reduce degradation can help optimise qCO_2 values and improve soil health and fertility. These practices include minimising tillage, encouraging cover cropping, diversifying crop rotations and reducing chemical inputs (Coleman and Crossley, 1995).

In general, metabolic quotient (qCO_2) is a valuable tool for assessing soil microbial activity and carbon cycling and provides information on soil health and ecosystem functioning. Monitoring qCO_2 , as well as other soil health parameters, can help inform management decisions aimed at improving soil health and sustainability.

Enzymes facilitate the mineralisation of soil organic matter (SOM), recycling nutrients, sequestering carbon and playing a role in waste management and gas emissions (Kang et al., 2013). Enzymes are biological catalysts produced by soil organisms to facilitate various biochemical reactions such as decomposition of organic

matter and nutrient cycling. Enzyme activity in soil reflects the functional capacity of soil microbes and their ability to decompose complex organic compounds. High enzyme activity indicates healthy soil with active microbial communities that can efficiently cycle nutrients and decompose organic matter (Perez-Gumman, 2021). Enzyme activity is a valuable indicator of soil health, reflecting the functional diversity and activity of soil microbial communities. Monitoring changes in enzyme activity can provide information on soil fertility, nutrient cycling and the effectiveness of soil management practices.

Soil enzyme activity is subject to the influence of a number of environmental factors, including soil moisture, temperature, pH, organic matter content and substrate availability. Optimum enzyme activity typically occurs under conditions that favour microbial growth and activity, such as moist, aerated soils with sufficient organic matter (Dick et al., 1996). Enzyme activity can help assess the impact of land management practices on soil health and fertility. Sustainable land management practices that promote microbial diversity, organic matter accumulation and reduced disturbance tend to increase enzyme activity and soil biological function.

5. Conclusions

Porosity determines the movement of air and water, which is crucial for plant growth and soil aeration. Soil depth provides the basis for root development and access to nutrients. Infiltration capacity regulates water flow, reducing erosion and flood risks. Understanding and managing these physical parameters is essential to maintain soil health, promote resilient ecosystems and ensure long-term agricultural productivity in a changing climate.

Soil colour indicates organic matter content and drainage conditions, while pH levels affect nutrient availability and microbial activity. Calcium carbonate ($CaCO_3$) content affects soil alkalinity and buffering capacity. Salinity levels affect plant growth and microbial diversity. Cation

exchange capacity governs nutrient retention and availability to plants. The growth and functioning of crops and ecosystems alike depend on the presence of essential plant nutrients, including nitrogen, phosphorus and potassium. Managing these chemical parameters is vital for maintaining soil fertility, supporting plant productivity and maintaining environmental quality.

Organic matter content acts as a source of nutrients and energy for soil organisms, affecting their populations and diversity. Microbial biomass plays a pivotal role in the cycling of nutrients and the formation of soil structure. Respiration rate and metabolic respiration coefficient reflect microbial activity and energy metabolism, respectively, indicating soil vitality. Enzyme activity governs various biochemical processes that are crucial for nutrient transformation and availability. Understanding and managing these biological parameters is essential to promote resilient soils, support sustainable agriculture and maintain ecosystem health amid evolving environmental challenges.

Declaration of Author Contributions

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

Declaration of Conflicts of Interest

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

References

- Abraham, J.S., Sripoorna, S., Dagar, J., Jangra, S., Kumar, A., Yadav, K., Makhija, S., 2019. Soil ciliates of the Indian Delhi Region: Their community characteristics with emphasis on their ecological implications as sensitive bio-indicators for soil quality. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6): 1305-1313.
- Al-Shammary, A.A.G., Kouzani, A.Z., Kaynak, A., Khoo, S.Y., Norton, M., Gates, W. 2018. Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere*. *Pedosphere*, 28(4): 581-596.
- Anderson, T.H., Domsch, K.H., 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO₂, and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(2): 251-255.
- Anderson, T., 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 98(1-3): 285-293.
- Anikwe, M.A.N., 2006. Soil quality assessment and monitoring: a review of current research efforts. Enugu, New Generation Books.
- Arias, M.E., Gonzalez-Perez, J.A., Gonzalez-Vila, F.J., Ball, A.S. 2005. Soil health: a new challenge for microbiologists and chemists. *International microbiology*, 8(1): 13-21.
- Baath, E., Anderson, T.H., 2003. Comparison of soil fungal/ bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(7): 955-963.
- Bakshi, M., Varma, A., 2011. Soil enzyme: the state-of-art. *Soil enzymology*, 1-23.
- Bandick, A.K., Dick, R.P., 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(11): 1471-1479.
- Baran, S., Bielinska, J. E., Oleszczuk, P., 2004. Enzymatic activity in an airfield soil polluted with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Geoderma*, 118(3-4): 221-232.
- Bashri, G., Patel, A., Singh, R., Parihar, P., Prasad, S.M., 2017. Mineral solubilization by microorganism: mitigating strategy in mineral deficient soil. *Microbial Biotechnology: Volume 1. Applications in Agriculture and Environment*, 265-285.
- Brevik, E.C., Sauer, T.J., 2015. The past, present, and future of soils and human health studies. *Soil*, 1(1): 35-46.

- Casanova, M., Tapia, E., Seguel, O., Salazar, O., 2016. Direct measurement and prediction of bulk density on alluvial soils of central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76(1): 105-113.
- Chau, J.F., Bagtzoglou, A.C., Willig, M.R., 2011. The effect of soil texture on richness and diversity of bacterial communities. *Environmental Forensics*, 12(4): 333-341.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., 1995. Fundamentals of Soil Ecology. Institute of Ecology University of Georgia Athens, Academic Press, San Diego, 205 pp.
- Daily, G. C. (1997, April). The potential impacts of global warming on managed and natural ecosystem: Implications for human well-being. In *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* (Vol. 213, pp. 12-ENVR). 1155 16TH ST, NW, Washington, DC 20036: Amer Chemical Soc.
- Dick, R.P., Breakwell, D.P., Turco, R.F., 1996. Soil enzyme activities and biodiversity easurements as integrative microbiological indicators. In *J. W. Doran & A. J. Jones (Eds.)*, Methods of assessing soil quality, 49: 247-271.
- Doolette, A.L., Smernik, R.J., 2011. Soil organic phosphorus speciation using spectroscopic techniques. In E. Bunemann, A. Oberson, & E. Frossard (Eds.), Phosphorus in action (pp. 3-36). Germany: Springer.
- El-Ramady, H.R., Alshaal, T.A., Amer, M., Domokos-Szabolcsy, É., Elhawat, N., Prokisch, J., Fári, M., 2014. Soil quality and plant nutrition. *Sustainable Agriculture Reviews 14: Agroecology and Global Change*, 345-447.
- Fernandez, R., Frasier, I., Quiroga, A., Noellemeyer, E., 2019. Pore morphology reveals interaction of biological and physical processes for structure formation in soils of the semiarid Argentinean Pampa. *Soil and Tillage Research*, 191: 256-265.
- Filip, Z., 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 169-174.
- Filippelli, G.M., 2017. The global phosphorus cycle. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Soil Phosphorus* (pp. 1-21). Boca Raton: CRC Press.
- Gardiner, D.T., Miller, R.W., 2008. *Soils in Our Environment*. Eleventh Edition. Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, New Jersey, 600 pp.
- Geisen, S., Cornelia, B., Jorg, R., Michael, B., 2014. Soil water availability strongly alters the community composition of soil protists. *Pedobiologia*, 57(4-6): 205-213.
- Geisseler, D., Scow, K.M., 2014. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75: 54-63.
- Graber, E.R., Singh, B., Hanley, K., Lehmann, J., 2017. Determination of cation exchange capacity in biochar. In B. Singh, M. Camps-Arbestain, & J. Lehmann (Eds.), *Biochar: A Guide to Analytical Methods* (pp. 74-84). Boca Raton: CRC Press LLC.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review. *Annales de Microbiologie*, 60: 579-598.
- Jaiswal, D.K., Verma, J.P., Prakash, S., Meena, V.S., Meena, R.S., 2016. Potassium as an important plant nutrient in sustainable agriculture: a state of the art. In V. S. Meena, B. R. Maurya, J. P. Verma, & R. S. Meena (Eds.), *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture* (pp. 21-29). India: Springer.
- Jenkinson, D.S., Powlson, D.S., 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: A method for measuring soil biomass. *Soil biology and Biochemistry*, 8(3): 209-213.
- Kang, H., Kim, S.Y., Freeman, C., 2013. Enzyme activities. *Methods in biogeochemistry of wetlands*, 10: 373-384.

- Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., Schuman, G., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4-10.
- Kertesz, M.A., Mirleau, P., 2004. The role of soil microbes in plant sulphur nutrition. *Journal of Experimental Botany*, 55(404): 1939-1945.
- Lal, R., 2016. Beyond COP21: potential and challenges of the "4 per Thousand" initiative. *J. Soil Water Conserv.* 71(1): 20A-25A.
- Larson, W.E., Pierce, F.J., 1991. Conservation enhancement of soil quality. *Int. Board Soil Res. Manage. Proc.* 2:175-203.
- Lema, B., Mesfin, S., Kebede, F., Abraha, Z., Fitiwy, I., Haileselassie, H., 2019. Evaluation of soil physical properties of long-used cultivated lands as a deriving indicator of soil degradation, north Ethiopia. *Physical Geography*, 40(4): 323-338.
- Li, C.H., Ma, B.L., Zhang, T.Q., 2002. Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. *Canadian Journal of Soil Science*, 82(2): 147-154.
- Li, J., Li, M.G., Yang, J., Ai, Y., Xu, R.L., 2010. Community characteristics of soil ciliates at Baiyun Mountain, Guangzhou, China. *Zoological Studies*, 49(6): 713-723.
- Li, P., Shi, K., Wang, Y., Kong, D., Liu, T., Jiao, J., Liu, M., Li, H., Hu, F., 2019a. Soil quality assessment of wheat-maize cropping system with different productivities in China: Establishing a minimum data set. *Soil and Tillage Research*. 190: 31-40.
- Liao, Y., Min, X., Yang, Z., Chai, L., Zhang, S., Wang, Y., 2014. Physicochemical and biological quality of soil in hexavalent chromium-contaminated soils as affected by chemical and microbial remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 21: 379-388.
- Liu, Z.P., Shao, M.A., Wang, Y.Q., 2013. Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. *Geoderma*. 197: 67-78.
- Loka, D.A., Oosterhuis, D.M., Baxevanos, D., Vlachostergios, D., Hu, W., 2018. How potassium deficiency alters flower bud retention on cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(4): 521-536.
- Makoi, J.H.J.R., Ndakidemi, P.A., 2008. Selected soil enzymes: examples of their potential roles in the ecosystem. *African Journal of Biotechnology*, 7(3): 181-191.
- Martin, M.A., Reyes, M., Taguas, F.J., 2017. Estimating soil bulk density with information metrics of soil texture. *Geoderma*, 287: 66-70.
- Nielsen, M.N., Winding, A., 2002. Microorganisms as Indicators of Soil Health. National Environmental Research Institute, Denmark. Technical Report No. 388, 84 pp.
- Norris, C.E., Quideau, S.A., Landhausser, S.M., Drozdowski, B., Hogg, K.E., Oh, S.W., 2018. Assessing structural and functional indicators of soil nitrogen availability in reclaimed forest ecosystems using ¹⁵N-labelled aspen litter. *Canadian Journal of Soil Science*, 98(2): 357-368.
- Nortcliff, S., 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88: 161-168.
- Obalum, S.E., Chibuike, G.U., Peth, S., Ouyang, Y., 2017. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 1-19.
- Perez-Guzman, L., Phillips, L.A., Seuradje, B.J., Agomoh, I., Drury, C.F., 2021. An evaluation of biological soil health indicators in four long-term continuous agroecosystems in Canada. *Agrosystem, Geosciences & Environment*, 4(2): e20164.

- Rabot, E., Wiesmeier, M., Schluter, S., Vogel, H.J., 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, 314: 122-137.
- Rahal, N.S., Alhumairi, B.A.J., 2019. Modelling of soil cation exchange capacity for some soils of east gharaf lands from mid-Mesopotamian plain (Wasit province/Iraq). *International journal of Environmental Science and Technology*, 16(7): 3183-3192.
- Rao, C.S., Srinivas, K., 2017. Potassium dynamics and role of non-exchangeable potassium in crop nutrition. *Indian Journal of Fertilisers*, 13(4): 80-94.
- Rice, C.W., Moorman, T.B., Beare, M., 1997. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality, 49: 203-215.
- Sarioğlu, A., Almaca, A., Doğan, K., Ramazanoğlu, E., 2024. Biochar and Rhizobium Applications: A Promising Synergy for Improved Soybean Growth and Rhizosphere Microbial Activities. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 134-149.
- Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, Z.A., Nadeem, S.M., Yaseen, M., Meena, V.S., Farooq, M., Singh, R., Rahman, M., Meena, H.N., 2019. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: areview. *Applied Soil Ecology*, 133: 146-159.
- Schaeffer, A., Amelung, W., Hollert, H., Kaestner, M., Kandeler, E., Kruse, J., Miltner, A., Ottermanns, R., Pagel, H., Peth, S., Poll, C., Rambold, G., Schlöter, M., Schulz, S., Streck, T., Roß-Nickoll, M., 2016. The impact of chemical pollution on the resilience of soils under multiple stresses: a conceptual framework for future research. *Science of the Total Environment*, 568: 1076-1085.
- Singh, A.K., Pathak, S.K., 2018. Potassium in tea (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) cultivation from soil to cup quality – a review. *Agricultural Reviews*, 39(1): 40-47.
- Smith, L.J., Papendick, R.I., 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: *Soil Microbial Ecology Applications in Agricultural and Environmental Management*, ed. FJ Blaine Meeting, Marcel Dekker, New York, pp. 65-94.
- Sparling, G.P., Schipper, L.A., Bettjeman, W., Hill, R., 2004. Soil quality monitoring in New Zealand: practical lessons from a 6-year trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 523-534.
- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A., 1998. *Principles of soil microbiology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 550 pp.
- Tanji, K.K., 2002. Salinity in the soil environment. In A. Lauchli & U. Luttge (Eds.), *Salinity: environment – plants – molecules* (pp. 21-51). Netherlands: Springer.
- Tiwari, R., Dwivedi, B.S., Sharma, Y.M., Sharma, A., Dwivedi, A.K., 2019. Activities of β -glucosidase, phosphatase and dehydrogenase as soil quality indicators: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(6): 834-846.
- Usharani, K.V., Roopashree, K.M., Naik, D., 2019. Role of soil physical, chemical and biological properties for soil health improvement and sustainable agriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5): 1256-1267.
- Vallejo, V.E., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N., Dick, R.P., Roldan, F., 2012. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems of Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 150: 139-148.
- Vinhal-Freitas, I.C., Correa, G.F., Wendling, B., Bobuska, L., Ferreira, A.S., 2017. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. *Ecological Indicators*, 74: 182-190.

- Winding, A., Hund-Rinke, K., Rutgers, M., 2005. The use of microorganisms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62(2): 230-248.
- Woese, K., Lange, D., Boess, C., Bögl, K.W., 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods—results of a review of the relevant literature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(3): 281-293.
- Worthington, V., 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 7(2): 161-173.
- Xu, N., Tan, G., Wang, H., Gai, X. 2016. Effect of biochar additions to soil on nitrogen leaching, microbial biomass and bacterial community structure. *European Journal of Soil Biology*, 74: 1-8
- Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C., Qin, W., 2015. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4): 316-323.
- Zak, D.R., Pregitzer, K.S., 1990. Spatial and temporal variability of nitrogen cycling in Northern lower Michigan. *Forest Science*, 36(2): 367-380.
- Zhao, F., Xu, K., 2016. Biodiversity patterns of soil ciliates along salinity gradients. *European Journal of Protistology*, 53: 1-10

To Cite: Sakin, E., Yanardağ, H.İ., Fırat, Z., Çelik, A., Beyyavaş, V., Cun, S., 2024. Some Indicators for the Assessment of Soil Health: A Mini Review. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 297–310.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11665000>.

Aspir'de Farklı EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Dozlarının Etkisinin Belirlenmesi

Pelşin Yekta SOLAK ^{1*}, Cuma AKINCI ¹

¹ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

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

Geliş Tarihi (Received): 05.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Mutasyon ıslahında temel ilke, farklı yöntemlerle uygulanan değişik mutagen dozlarının ortaya çıkaracağı olumsuz ve olumlu varyasyonlar içerisinde amaca uygun olanların tespit edilip seçilmesidir. İstenilen niteliklerde varyasyonu arttıracak kalıtsal farklılıkları oluşturabilmek, uygun kimyasalların seçimi belirli dozlarda kullanılabilmesine ve etkinliğine bağlıdır. Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyoteknoloji laboratuvarında ve sera koşullarında yürütülmüştür. Çalışmanın amacı farklı EMS dozlarının aspirde incelenen özellikler üzerindeki etkisini belirlemektir. Tohumlara 0 (kontrol), 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 mM EMS uygulaması yapılmıştır. EMS uygulaması yapılan tohumlar her petri kabında 20 tohum gelecek şekilde tesadüf parselleri deneme planına göre 4 tekerrürlü olarak çimlendirme denemesine alınmıştır. Sera koşullarında ise viyollere 4 tekerrürlü olarak 20 adet tohum ekilmiş ve çıkış oranı, kök uzunluğu, fide boyu, ilk yaprak uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı gibi özellikler incelenmiştir. İncelenen özellikler neticesinde dozlar arasında önemli denecek derecede farklılık olduğu belirlenirken, tüm özelliklerde en yüksek değerlerin kontrol grubunda olduğu sonucu ortaya konulmuştur. Artan EMS dozlarının incelenen özellik değerlerinde düşüşe neden olduğu, en düşük değerlerin ve ölümlerin en fazla 100mM dozundan elde edildiği sonucu rapor edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aspir, mutasyon, EMS, kimyasal mutagen

Determining the Effect of Different EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Doses on Safflower

Abstract

The basic principle in mutation breeding is to identify and select the ones that are suitable for the purpose among the negative and positive variations that will occur with different mutagen doses applied by different methods. Creating hereditary differences that will increase variation in desired qualities depends on the selection of appropriate chemicals, their use in certain doses, and their effectiveness. This study was conducted in Dicle University Faculty of Agriculture Biotechnology laboratory and greenhouse conditions. The aim of the study is to determine the effect of different EMS doses on the properties examined in safflower. Seeds were treated with 0 (control), 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 mM EMS. Seeds treated with EMS were subjected to a germination trial in 4 replications according to the random plot trial plan, with 20 seeds in each petri dish. Under greenhouse conditions, 20 seeds were sown in viols in 4 replicates and characteristics such as emergence rate, root length, seedling height, first leaf length, seedling fresh and dry weight were examined. As a result of the examined features, it was determined that there was a significant difference between the doses, and it was concluded that the highest values in all features were in the control group. It has been reported that increasing EMS doses cause a decrease in the examined property values, and the lowest values and deaths are obtained from the maximum dose of 100mM.

Keywords: Safflower, mutation, EMS, chemical mutagen

1. Giriş

Compositae familyasına ait ve tek yıllık bir bitki olan aspir bitkisi, kurağa dayanıklı olup dikenli ve dikensiz türlere sahiptir. Aspirin yağ oranı % 30-50 arasında değişmektedir (Rahamatalla ve ark., 1998). Aspir bitkisinden elde edilen yağın % 90'ı ise doymamış yağ asitlerden oluşmaktadır (Weiss, 2000). Ayrıca geniş yapraklı, sarı, turuncu ve beyaz renklerinde çiçekleri bulunmaktadır (Babaoğlu, 2006).

Türkiye’de ve Dünya’da artmakta olan nüfus miktarı, gıda tüketimindeki artışta beraberinde getirmektedir (Akbay, 1988). Dolayısıyla bitkisel yağlara olan ihtiyaçta artmaktadır. Hayvansal kökenli yağların tedarikinin zor ve masrafının fazla olması dışında insan sağlığı üzerindeki etkisinin olumsuz olması nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir. Yağlı tohumlu bitkilerin içerisinde barındırdığı protein, yağ, vitamin ve karbohidrattan dolayı beslenme üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır (Okcu ve ark., 2010).

Yağların beslenme üzerindeki etkisi büyüktür çünkü bir gram yağ vücuda 9 kcal enerji sağlamaktadır (Kolsarıcı ve ark., 1995). Sağlanan bu 9 kcal’lik enerji aynı miktarda protein ve karbohidratın vücuda sağladığı enerjinin hemen hemen iki katı olduğunu söylemek mümkündür (Kolsarıcı ve ark., 1995). Vücuda en çok enerji sağlayan yağların yağda eriyen vitaminlerin taşınımını, doyumluk hissi yaratmasını gibi işlevleride bulunmaktadır (Nas ve ark., 1998). Ayrıca sanayi sektörünün de hammadde kaynağını oluşturmaktadır.

Yağlı tohumların başında gelen ayçiçeği, pamuk (çiğit) ve zeytin ülkemizin yağ ihtiyacını karşılamamaktadır. Bu sebepten ötürü bitkisel yağ üretimine katkı sağlayacak, yağ açığının giderilmesinde önem arz edecek yağ bitkilerinin üzerinde durulmalı ve gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Aspir bitkisinde yağ açığına katkı sağlayacak bitkilerden biridir (Kızıl, 1997).

Diğer yağ bitkilerine nispeten adaptasyon kabiliyeti yüksek olan aspir bitkisi; yazın kurak, kışın serin bölgelerde

bile yetiştirilebilmektedir. Soğuğa ve kurağa gösterdiği tolerans sayesinde ülkemizde kurak alanlar için alternatif ürünlerden biri olmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2007).

Ülkemiz için yağ açığını göz önünde bulundurursak, aspir bitkisinin geniş alanlarda yetiştirilmesi hem sanayicinin hemde üreticinin isteklerine cevap verebilecek potansiyele sahip bir bitkidir. Fakat mevcut çeşitlerin yağ oranı ve verimleri düşüktür. Islah çalışmaları ile yağ içeriği yüksek (% 40) çeşitler geliştirilmiş olmasına karşın, üretimi yapılan aspir çeşitlerinde yağ içeriği bu oranın altında kalmaktadır (Johnson et all., 1999). Tarımsal üretim de önemli bir yer alan yağlı tohumlu bitkilerin üretimini arttırmak, ülkemizde uzun yıllardan beri süregelen bitkisel yağ açığımızın kapanmasına katkı sağlayacaktır (Erdem ve ark., 2023). Aspirin diğer yağ bitkileriyle rekabete girebilmesi için yüksek verim ve yüksek yağ içeriğine sahip çeşitlerin geliştirilmesi lazımdır (Pahlavani, 2005).

Aspir tarımında yaşanan en büyük sorun verim düşüklüğüdür. Verim düşüklüğünün en önemli nedeni ise kurak şartlarda ve yazlık olarak üretilmesidir (Anonim, 2014). Kuraklığa dayanıklı olan aspir bitkisinde sulamayla beraber verim artışı da olmaktadır. Aspir yetiştiriciliğinde, verim bakımından en önemli dönem çiçeklenme öncesi ve sapa kalkma dönemleridir. Bitki için önemli olan bu dönemlerde havaların çok kurak olması durumunda, sulamayla verim artışı mümkün olmaktadır (Lia ve Mündel, 1996).

Aspirde ekonomik düzeyde verim elde edebilmek için modern yetiştiriciliğin yanı sıra ıslah metodlarının kullanılarak yeni çeşitlerin elde edilmesi gerekmektedir (Baydar ve Erbaş, 2007).

Kaliteli ve yüksek verim için kurağa, soğuğa, hastalık ve zararlılara dayanıklı çeşitlerin üretilmesi gerekmektedir. Islahçılar, çeşitlerin noksanlıklarının tamamlanmasında yeni yöntem, teknik ve varyasyondan faydalanırlar. Mutasyon ıslahıda varyasyonların elde edilmesine

katkı sağlamaktadır (Akbay, 1988). Klasik ıslah metotları oldukça emek ve fazlaca zaman istemesinin yanısıra oldukça maliyetlidir. Bundan dolayı kısa sürede zamandan tasarruf etmek ve yeni çeşitler üretmek için mutasyon ıslahına talep artmıştır (Donini, 1984).

Mutasyon, canlının RNA veya DNA diziliminde meydana gelen kalıtsal değişikliklerdir. Mutasyon çalışmalarının asıl amacı, düşük zararlı büyük genetik değişiklik elde etmektir. Bu ise M1 ve M2 bitkilerinde oluşan değişikliklerin belirlenmesiyle mümkün olmaktadır (Gaul, 1969). Ülkemizde EMS (etil metan sülfonat) dozlarının farklı bitkiler üzerindeki değişimini inceleyen birden fazla çalışma yapılmış olup (Yorulmaz ve ark., 2021), (Özkan ve ark., 2021), (Akıncı ve ark., 2003) aspir bitkisinde herhangi bir literatür çalışmasına rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, aspir çeşitlerine uygulanan kimyasal mutagenin etkilerini bu etkilerin çeşitlere göre göstereceği değişiklikleri ortaya koymaktır. Bunun için aspir tohumu çeşitlerine uygulanacak olan farklı EMS (etil metan sülfonat) dozlarının bitkiler üzerindeki değişimi incelenmiştir. Ayrıca daha önce ülkemizde aspir çeşitlerine EMS uygulaması yapılmış bir literatür çalışması bulunmamaktadır. Bu çalışma ilk defa yürütülecek olup aspir çeşitlerinde varyasyon oluşturularak, verim, verim unsurları ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 6 farklı aspir çeşidinin 10 farklı EMS (Ethyl Methane Sulfonate) uygulamasına vermiş olduğu tepkiyi belirlemek amacıyla 2021 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyoteknoloji laboratuvarında ve sera koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak kullanılan tohum çeşitleri uygun elekten geçirildikten sonra sağlam, hastalıksız ve kırık olmayan tohumlardan kontrol ve her genotip için 4 tekerrürlü 20x4 adet tohum çimlendirme denemesi için hazırlanmıştır. Daha sonra her doz için her bir çeşitten 240 adet tohum, 12 saat boyunca saf suda

bekletilmiş ve tohum kabuğunun geçirgenliğinin artması hedeflenmiştir. Tohumlardaki su iyice süzdürülmüş, EMS uygulaması amacıyla, her genotip için ayrı ayrı kova hazırlanmış kovalara su konulduktan sonra bu kovalara 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 mM çözeltideki EMS karıştırılmış ve geçirgen yapıdaki torbaya konulan tohumlar 6 saat boyunca bekletilmiştir. Bekletme sırasında tohumların mutajene daha iyi nüfuz etmesi için geçirgen yapıdaki torbalar saat başı hareket ettirilerek alt üst edilmiştir. 6 saat geçtikten sonra tohumlar süzülmüş iyice yıkanmış ve mutajenden arındırılmıştır. 3 kez yıkanmış olan tohumlar iyice süzdürülüp kurutulduktan sonra çimlenme ve çıkış denemesine alınmıştır. Çimlenme denemesi için, altlarına kurutma kâğıtları yerleştirilmiş petri kaplarına kontrol dahil her bir uygulama için 20 adet tohum konulmuş ve daha sonra petri kutuları 25 °C oda sıcaklığında çimlendirmeye alınmıştır. 4. Gün çimlenme hızı, 7. gün çimlenme gücü değerleri belirlenmiştir. Viyollerde yürütülmüş olan çıkış denemesi sera koşullarında yürütülmüş olup, eşit ağırlıktaki 3 mm elekten geçirilen tarla toprağı (2/3) ve torf (1/3) karışımına konulduktan sonra dört tekerrürlü olarak kontrol dahil ve her muamele için 20 adet tohum ekilmiş ve çıkış oranı, kök uzunluğu, fide boyu, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı gibi özellikler incelenmiştir.

Çimlenme hızı

Petri kabına alınan tohumlar 4.gününde sayılıp çimlenme hızı % olarak hesaplanmıştır.

Çimlenme gücü

7. Gün sonunda çimlenen tohumlar sayılarak (çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı x 100) formülü ile hesaplanmıştır.

Çıkış oranı

Ekimden itibaren 12. günde çıkış yapan bitkiler sayılarak ekilen tohum sayısına oranlanmış ve çıkış oranı saptanmıştır.

Kök uzunluğu

28. günde kökün ucundan kök boğazına kadar olan uzunluğun ölçülmesiyle kök uzunluğu belirlenmiştir.

Fide boyu

Tohumların çimlendikten 28 gün sonra, her çeşit x doz kombinasyonuna ait olan 10 fide, ölçülerek ortalaması alınmıştır.

Fide yaş ağırlığı

Tohumların çimlenmesinden 28 gün sonra, seçilen 10 adet fide hassas terazide tartılarak fide yaş ağırlıkları belirlenmiştir

Fide kuru ağırlığı

Yaş ağırlıkları saptanan 10 fide akabinde 78 °C'de 24 saat kurutularak, hassas terazide tartılarak fide kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, JUMP istatistik paket programına tabi tutularak Tesadüf Parselleri Deneme Planına göre değerlendirilmiş, ortalama gruplar arasındaki farklılıklar LSD_(0.05) testine göre gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

EMS (Ethyl methane sulphonate) kimyasal mutageninin farklı dozlarının aspir çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine olan etkilerinin saptanması amacıyla yürütülen bu araştırmada, çimlenme hızı, çimlenme gücü, çıkış oranı, kök uzunluğu, fide boyu, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı gibi özellikleri incelenmiştir. İncelenen özelliklere ilişkin sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çimlenme hızı ve çimlenme gücü bakımından uygulama sonuçlarına bakıldığında tüm çeşitlerde en yüksek çimlenme hızı ve gücünün kontrol uygulamasından, en düşük değerlerin ise 100 EMS dozu uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Çimlenme hızı değerleri ortalama % 2.58-97.50 arasında, çimlenme gücü % 3.33-99.37 değişim göstermiştir.

Çıkış oranı incelendiğinde EMS dozları arasındaki fark 0.01 düzeyinde önemli

bulunmuş olup EMS dozlarının artışıyla çimlenme oranının azaldığı ve EMS 50 dozundan sonra çıkış olmadığı sonucu elde edilmiştir. Çıkış oranı değerleri ortalama 0.71-12,25 adet arasında değişim göstermiştir. Fidelerin % 50-70'ini öldürebilen dozlar genellikle uygun mutagen dozu olarak saptanmakta ve ED50 dozu adını almaktadır. (Şehirali ve Özgen, 1988). Bu durumda çıkış oranına mutasyon etkisi 50-100 mM EMS dozlarında oluşmuştur. Bulgularımız, Ünver (1989) ve Nagl (1965)'in EMS ile yapmış oldukları araştırmalarında doz artışıyla, Peşkircioğlu (1995)'in EMS ve gama ışınının birleşik ve tek uygulamalarında çıkış oranının azaldığı sonucunu bildirdikleri çalışmalarıyla uyum içerisinde bulunmuştur. Rupinder ve Kole (2005) çimlenmede doz oranının artışla ciddi azalmanın nedeninin etkili olan mutagenin bir göstergesi olduğunu bildirmiştir.

Fide boyu uygulama sonuçlarına incelendiğinde ortalama fide boyunun 1.63-4.51 cm arasında değişim gösterdiğini, en yüksek fide boyunun Asol çeşidinde 7.19 cm ile kontrol uygulamasından elde edildiğini, Olas çeşidinde 0.72 cm ile 50 mM EMS uygulamasından ise en düşük değer elde edildiği sonucu görülmektedir.

Aspir çeşitlerinde EMS dozunun artırılmasıyla kök uzunluğu değerleri ciddi oranda azalmıştır. Kök uzunluğu değerleri ortalama 1.29 cm- 2.76 cm arasında değişmiştir. Kök uzunluğunda ED50 dozu 50 mM ve 100 mM arası doz olmuştur. Bahar ve Akkaya (2009) ve Rupinder ve Kole (2005) yapmış oldukları çalışmalarında artan mutagen dozunun kök uzunluğunu azalttığını belirtmişlerdir elde ettiğimiz bulgularla uyum göstermektedir.

EMS dozlarındaki meydana gelen artış aspir tohum çeşitlerinde yaş ve kuru ağırlığında ciddi bir azalmalara neden olmuştur. Yaş ve kuru ağırlığa ilişkin en düşük ortalama değerleri sırasıyla 0.77-0.35 g (100 mM EMS) arasında değişim gösterirken, en yüksek değerleri ise sırasıyla 11.41-5.91 g (kontrol grubu) arasında değişim gösterdiği sonucu ortaya

konulmuştur. Rupinder ve Kole (2005) yürütmüş oldukları araştırmada mutajen uygulamalarının kuru ve yaş ağırlığını

olumsuz yönde etkilediği sonucunu bildirmişlerdir.

Tablo 1. Çimlenme hızı özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ortalama
0 (kontrol)	100.00 a	96.25 ab	97.50 ab	95.00 ab	100.00 a	96.25 ab	97.50 a
10 EMS	97.50 ab	97.50 ab	96.25 ab	96.25 ab	100.00 a	97.50 ab	97.50 a
20 EMS	95.00 ab	90.00 a-d	95.00 ab	87.50 a-d	97.50 ab	96.25 ab	93.54 a
30 EMS	96.25 ab	91.25 a-d	92.50 abc	90.00 a-d	86.25 a-e	97.50 ab	92.29 a
40 EMS	80.00 a-e	85.00 a-e	76.25 a-e	80.00 a-e	81.25 a-e	66.25 a-g	78.13 b
50 EMS	68.75 a-f	55.00 c-ı	33.75 f-k	81.25 a-e	33.75 f-k	53.75 d-ı	54.38 c
60 EMS	61.25 b-h	55.00 c-ı	25.00 h-k	48.75 e-j	36.25 f-k	36.25 f-g	43.75 c
70 EMS	25.00 h-k	28.75 g-k	0.00 k	23.75 h-k	35.00 f-k	7.50 k	20.00 d
80 EMS	26.25 h-k	11.25 jk	0.00 k	18.75 ijk	6.25 k	6.25 k	11.46 de
90 EMS	20.00 ijk	10.00 k	0.00 k	2.50 k	3.75 k	7.50 k	7.29 e
100 EMS	5.00 k	3.75 k	0.00 k	3.75 k	0.00 k	0.00 k	2.08 e
Ortalama	61.36 a	57.05 ab	56.70 ab	52.73 bc	51.36 bc	46.93 c	54.36
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 8.32** DOZ: 12.25** ÇEŞİT*DOZ: 38.54*						
Cv (%)	23.91						

Tablo 2. Çimlenme gücü özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	100.00 ab	100.00 ab	98.75 ab	97.50 ab	100.00 ab	100.00 ab	99.37 a
10 EMS	100.00 ab	98.75 ab	95.00 abc	100.00 ab	100.00 ab	100.00 ab	98.96 a
20 EMS	90.00 a-d	97.50 ab	100.00 ab	95.00 abc	100.00 ab	96.25 abc	96.46 a
30 EMS	97.50 ab	92.50 abc	95.00 abc	93.75 abc	91.25 a-d	98.75 ab	94.79 a
40 EMS	93.75 abc	69.50 a-h	93.75 abc	67.50 b-ı	88.75 a-d	77.50 a-f	81.79 b
50 EMS	73.75 a-g	60.00 d-k	38.75 h-n	83.75 a-e	55.00 e-k	51.25 e-k	60.42 c
60 EMS	72.50 a-g	63.75 c-j	28.75 k-p	53.75 e-k	75.00 a-g	43.75 g-m	56.25 c
70 EMS	51.25 e-k	35.00 ı-o	3.75 op	53.75 e-k	46.25 f-l	10.00 nop	33.33 d
80 EMS	27.50 k-p	48.75 f-l	0.00 p	27.50 k-p	11.25 m-p	7.50 nop	20.42 e
90 EMS	33.75 j-o	17.50 l-p	0.00 p	2.50 op	5.00 op	8.75 nop	11.25 ef
100 EMS	6.25 nop	7.50 nop	0.00 p	3.75 op	0.00 p	2.50 op	3.33 f
Ort.	67.84 a	62.80 ab	61.70 ab	61.14 ab	54.20 bc	50.34 c	59.67
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 9.07** DOZ: 10.27** ÇEŞİT*DOZ: 32.34**						
Cv (%)	18.28						

Tablo 3. Çıkış oranı özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	15.50 a	10.50 bcd	12.00 b	11.50 bc	12.00 b	12.00 b	12.25 a
10 EMS	12.00 b	9.50 def	12.00 b	10.00 cde	9.50 def	10.50 bcd	10.58 b
20 EMS	10.50 bcd	8.50 ef	9.50 def	8.25 efg	7.75 fg	8.25 efg	8.79 c
30 EMS	8.50 ef	5.75 h	6.50 gh	6.50 gh	5.25 hı	5.25 hı	6.29 d
40 EMS	3.75 ij	3.75 ij	1.50 klm	3.00 jk	3.25 jk	2.50 jkl	2.96 e
50 EMS	0.75 lm	1.50 klm	0.00 m	0.75 lm	0.75 lm	0.50 m	0.71 f
Ort.	8.50 a	6.58 b	6.92 b	6.67 b	6.42 b	6.50 b	6.93
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 0.72** DOZ: 0.58** ÇEŞİT*DOZ: 1.95**						
Cv (%)	10.02						

Tablo 4. Fide boyu özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	7.19 ab	4.72 c-f	2.92 g-m	3.25 f-k	4.64 def	4.35 d-g	4.51 a
10 EMS	4.94 cde	4.57 def	2.97 g-l	2.20 k-p	2.02 k-p	3.27 f-k	3.33 c
20 EMS	6.27 abc	4.23 d-h	2.34 j-o	6.79 ab	2.57 ı-o	4.06 e-ı	4.38 ab
30 EMS	5.78 bcd	2.83 g-m	2.49 j-o	7.43 a	2.35 j-o	3.25 f-k	4.02 b
40 EMS	2.65 ı-n	3.19 f-k	1.55 l-q	2.45 j-o	1.15 n-q	2.57 ı-o	2.26 d
50 EMS	1.06 opq	1.37 m-q	0.00 q	2.75 h-m	0.72 pq	3.85 e-j	1.63 e
Ort.	4.65 a	3.49 b	2.04 c	4.15 a	2.24 c	3.56 b	3.35
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 0.54** DOZ: 0.46** ÇEŞİT*DOZ: 1.55**						
Cv (%)	16.53						

Tablo 5. Kök uzunluğu özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	2.29 c-j	2.71 a-h	2.05 e-l	2.27 d-j	3.45 a-e	3.83 ab	2.76 a
10 EMS	2.55 a-ı	3.92 a	2.50 b-ı	2.89 a-f	2.08 f-l	2.27 c-j	2.70 a
20 EMS	2.98 a-f	2.47 b-ı	2.18 d-k	2.70 a-h	1.42 g-l	3.58 a-d	2.55 a
30 EMS	2.31 c-j	2.74 a-h	2.19 d-k	3.67 abc	2.14 e-l	3.00 a-f	2.67 a
40 EMS	2.08 e-l	1.74 f-l	0.78 lm	2.31 c-j	1.41 h-m	2.75 a-h	1.84 b
50 EMS	1.93 f-l	0.95 j-m	0.00 m	1.23 ı-m	0.83 klm	2.83 a-g	1.29 c
Ort.	2.35 bc	2.42 bc	1.62 d	2.51 ab	1.89 cd	3.04 a	2.30
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 0.53** DOZ: 0.14** ÇEŞİT*DOZ: 1.36**						
Cv (%)	21.21						

Tablo 6. Yaş ağırlığı özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	13.58 a	11.85 abc	10.15 b-f	9.60 d-g	11.21 bcd	12.05 ab	11.41 a
10 EMS	11.05 b-e	9.83 c-g	10.30 b-f	8.93 fgh	9.13 e-h	11.75 abc	10.16 b
20 EMS	9.10 e-h	7.40 h-k	8.75 f-ı	7.23 h-k	8.75 f-ı	8.13 g-j	8.23 c
30 EMS	9.00 fgh	6.25 jkl	7.45 h-k	6.88 ijk	6.10 kl	5.73 klm	6.90 d
40 EMS	4.50 lmn	3.80 mno	1.60 pqr	3.33 nop	2.40 opq	2.40 opq	3.00 e
50 EMS	1.27 qr	1.35 pqr	0.00 r	0.72 qr	0.67 qr	0.57 qr	0.77 f
Ort.	8.08 a	6.75 bc	6.38 bc	6.11 c	6.38 bc	6.77 b	6.74
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 0.63** DOZ: 0.60** ÇEŞİT*DOZ: 2.02**						
Cv (%)	10.68						

Tablo 7. Kuru ağırlığı özelliğine ait oluşan gruplar ve ortalama değerler

Doz (EMS)	ASOL	BALCI	DİNÇER	LİNAS	OLAS	YEKTAY	Ort.
0 (kontrol)	7.00 a	5.86 a-d	5.12 b-f	5.07 b-f	5.85 a-d	6.54 ab	5.91 a
10 EMS	5.74 a-f	4.79 c-h	4.90 c-g	4.26 e-l	4.89 c-g	6.11 abc	5.12 b
20 EMS	4.42 d-k	3.77 f-m	4.16 f-l	4.03 f-l	4.73 c-ı	4.92 c-g	4.34 c
30 EMS	4.55 d-j	3.17 j-o	3.21 i-o	3.52 g-m	2.99 k-o	3.30 h-n	3.46 d
40 EMS	2.32 m-p	1.85 n-q	0.76 qrs	2.88 l-o	1.70 o-r	1.14 p-s	1.78 e
50 EMS	0.83 p-s	0.60 qrs	0.00 s	0.25 rs	0.24 rs	0.18 rs	0.35 f
Ort.	4.14 a	3.34 bc	3.03 c	3.34 bc	3.40 bc	3.70 ab	3.49
LSD (0.05)	ÇEŞİT: 0.46** DOZ: 0.46** ÇEŞİT*DOZ: 1.54**						
Cv (%)	15.75						

4. Sonuçlar

Bu çalışma neticesinde EMS dozundaki artışın aspir çeşitlerinde çıkış oranı ve diğer incelenen özellik değerlerinde düşüşe neden olduğu sonucu ortaya konulmuştur. En etkili dozun saptanmasında çimlenme yüzdesinin % 50'ye kadar düştüğü letal (öldürücü) dozun 100mM doz olarak kabul edilmesiyle diğer incelenen özellikler bakımından bitkilerin ciddi derecede kötüleştiği görülmüştür. Çalışma sonunda çim hızında % 50 azalmaya sebep olan etkin doz 40 mM ve üstündeki dozlar olurken, çıkış oranında ise en etkin doz 30 mM ve üstü dozlarda % 50 azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Genel bir değerlendirme sonucunda ise incelenen tüm özellikler için 50-70 mM dozunun etkili bir mutasyon

oluşturma için uygun olabileceği sonucu rapor edilmiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından “ZİRAAT.22.002” nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2014. Tarım ve Orman Bakanlığı, (www.faostat.fao.org, Erişim tarihi: 28.01.2014).
- Akbay, G., 1988. Farklı EMS (Etyhl Methane Sulphonate) dozlarının uygulandığı tokak 157/37 (*Hordeum Volgera L*) iki sıralı arpa çeşidi tohumlarının farklı ortam ve sürelerle bekletilmesinin M1 bitkilerinin bazı özellikleri üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları-107 Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler, 573:1.
- Akıncı, C. Alp, A., Yıldırım, M., 2003. Seçilmiş bazı mutant makarnalık buğday hatlarının verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi*, 13-17 Ekim, Diyarbakır, s: 660-665.
- Bahar, B., Akkaya M.S., 2009. Effects of EMS treatment on the seed germination in wheat. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(1): 59-64.
- Baydar, H., Erbaş, S., 2007. Türkiye’de yemeklik yağ ve biodizel üretimine uygun aspir ıslahı, *1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biodizel Sempozyumu*, 28-31 Mayıs, Samsun, s:378-386.
- Babaoğlu, M., 2006. Dünya’da ve Türkiye’de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi, (<http://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfa-58> Erişim tarihi:20.01.2024).
- Donini, B.T., Kawai, T., Micke, 1984. Spectrum of Mutant Characters Utilized in Devolopping Improwed Cultivars. *Selection in Mutation Breeding*. IAE, 7-31.
- Erdem, V.E., Karaaslan, D., 2023. Farklı organik gübre uygulamalarının bazı kolza (*Brassica napus L.*) çeşitlerinin verim unsurları üzerine etkisi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1):1-14.
- Gaul, H., Grünewaldt, V., 1970. Indepented varation of gulum length and spike-internoda length of barley, *Barley Genetics*, 106-118.
- Genç, İ., Yağbasanlar, T., 1994. Bitki Islahı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Genel Yayın No:59. Adana
- Johnson, R.C., Bergman, J.W., Flynn, C.R., 1999. Oil and meal characteristics of core and non-core safflower accessions from the USDA collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46: 611-618.
- Khan, S., Wani, M.R., Parveen, K. 2004. Induced genetic variability for quantitative traits in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Pakistan Journal of Botany*, 36(4): 845-850.
- Kolsarıcı, Ö., Bayraktar, N., İşler, N., Mert, M., Arslan, B., 1995. Yağlı tohumlu bitkilerin tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri. *TMMOB Türkiye Ziraat Müh. Teknik Kongresi Bildirileri*. 1. Ankara. 467-483.
- Kızıl, S., 1997. Diyarbakır ekolojik koşullarında aspir (*Carthamus tinctorius L.*)’de uygun ekim zamanının saptanması ve bitkisel boyar madde elde edilmesi üzerine bir çalışma. Yüksek lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Lia, D., Mündel, H.H., 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) *International Plant Genetic Resources Institute*. Rome, Italy. 83 p.
- Nas, S., Gökalp, H., S., 1988. Bitkisel Yağ Teknolojisi. P.Ü. Müh. Fak. Yayınları. NO: 005: Denizli 329.
- Nagl, K., 1968. Mutation experiments in durum wheat. *Mutation Plant Breeding*, 293-298.
- Okcu, M., Tozlu, E., Dizikısa, T., Kumlay, A.M., Pehlivan, M., Kaya, C., 2010. Erzurum sulu koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius L.*) çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1): 1-6.

- Özkan, R., Bayhan, M., Öner, M., Yorulmaz, L., Akıncı, C., 2021. Therresults of mutations made with specific ems dose on chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination properties. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(2): 234-239.
- Pahlavani, M., 2005. Cointegration and Structural Change in the Exports-GDP Nexus: The Case of Iran, *International Journal of Applied Econometrics and Quantitative Studies*, 2(4)
- Rahamatalla, A.B., Babiker, E.E., Krishna, A.G. ve El Tinay, A.H., 1998. Changes in chemical composition, minerals and amino acids during seed growth and development of four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52(2): 161-170.
- Rupinder, S., Kole, C.R., 2005. Effect of mutagenic treatment with EMS on germination and some seeding parameters in mungbean. *Crop Research*, 30(2): 236-240.
- Şehriali, S., Özgen, M. 1988. Bitki Islahı. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1059. Ders Kitabı: Ankara
- Weiss, E.A., 2000. Safflower. In: Oilseed Crops, Blackwell Sci. Ltd., Victoria, Australia.
- Genç İ., Kırtok Y., Ülger, A.C., Yağbasanlar, T., 1986. Çukurova koşullarında uygun buğday ıslahı üzerinde araştırmalar. *TÜBİTAK Bitki Islahı Sempozyumu*, 15-17 Ekim, İzmir.
- Yorulmaz, L., Bayhan, M., Öner, M., Özkan, R., Akıncı, C., 2021. Effectsof different doses of EMS mutagen applications on seedlingproperties of barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Siirt Scientific Research Congress*, 5-7 November, Siirt s:759-765.
- Peşkircioğlu, H., 1995. Arpa (*Hordeum vulgare* L.)’ya uygulanan EMS (Ethyl Methane Sulphonate) ve gama ışınlarının M1 ve M2 bitkilerinin bazı özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.93, Antalya.
- Ünver, S., 1989. Arpada uygulanan EMS (*Ethyl Methane Sulphonate*) dozları, yıkama suyu sıcaklık ve süresinin M1 ve M2 bitki özelliklerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s:132, Ankara.

Atuf Şekli: Solak, P.Y., Akıncı, C., 2024. Aspir’de Farklı EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Dozlarının Etkisinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 311-319. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11665277>.

To Cite: Solak, P.Y., Akıncı, C., 2024. Determining the Effect of Different EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Doses on Safflower. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 311-319. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11665277>.

İnsan ve Çiftlik Hayvanlarında Protein Tüketimiyle Bağışıklık Sistemi İlişkisi

Dilek ŞENTÜRK DEMİREL ^{1*}, Ramazan DEMİREL ¹
¹ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Diyarbakır
 *Sorumlu yazar (Corresponding author): senturk.d@dicle.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 10.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Protein dengeli ve sağlıklı beslenme için mutlaka günlük olarak alınması gereken besinlerden birisidir. İnsan ve hayvanların günlük protein gereksinimleri bitkisel ve hayvansal kaynaklardan karşılanmaktadır. Doğada bilinen 300 adet amino asidinden sadece 20 tanesi proteinlerin yapısında yer almaktadır. Amino asitlerinden bazılarının yetersizliği problem oluşturmamakta, fazla miktarda bulunan bir başkasından sınırlı miktarda sentezlenip, ihtiyaç karşılanabilmektedir. Özellikle kanatlı kümes hayvanlarında yüksek verim veya hızlı gelişme için ihtiyaç duyulan lizin ve metiyon düzeyi yaygın olarak kullanılan yemlerdeki yetersizlik nedeniyle sentetik yolla üretilen ticari kaynaklardan sağlanmaktadır. Sindirim sisteminden emilen amino asitleri kan dolaşımı aracılığıyla kullanılacağı organ, doku ve hücrelere taşınmaktadır. Proteinler vücudu oluşturan deri, çeşitli organlar, saç, kemik, vücut sıvıları, enzimler, hormonlar vb. birçok bileşenin yapısında bulunur. Proteinler besin sağlamanın yanında bağışıklık sisteminde yer alan çeşitli moleküllerin yapısında da yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Amino asid, antikor, bağışıklık, besleme, protein

Relations Between Protein Intake and Immune System in Human and Farm Animals

Abstract

Protein is one of the foods that should be consumed daily nutritions for balanced and healthy nutrition. Daily protein requirements of humans and animals are met from vegetable and animal sources. There are 300 amino acids known in nature but only 20 of them exist in the structure of proteins. Some of the amino acids deficiency is not a problem, it can be synthesized in limited quantities from others, and the need can be met easily. Especially in poultry, lysine and methionine levels needed for high yield or rapid development are obtained from commercial sources produced synthetically due to the insufficiency of commonly used feeds. Amino acids absorbed from the digestive system are carried to the organs, tissues, and cells, which are used through the bloodstream. Proteins are found in the structure of many components in the body such as; various organs, hair, bone, body fluids, enzymes, hormones, etc. In addition to providing nutrients, proteins are also involved in the structure of various molecules in the immune system.

Keywords: Amino acid, antibody, immunity, nutrition protein

1. Giriş

Koyu renkli bitkilerde yaygın olarak bulunan antioksidanlar, A, C ve E vitaminleri; çeşitli enzimlerin yapısında yer alan Zn ve Se mineralleri; metilasyon süreçlerinde yer alan sülfür içeren amino asitleri vb. bileşikler; omega 3 ve konjuge linoleik asit ile antimikrobiyel özellikli çeşitli baharatlar ile bazı amino asitleri insan ve çiftlik hayvanlarının bağışıklık sistemini desteklemektedirler.

İnsan ve hayvan vücudunun yaklaşık % 17'si proteinden oluşur. Protein (amino asit) yetersizliğinin bağışıklık sisteminin bozulmasına ve enfeksiyon hastalıklarına yol açtığı uzun süredir bilinmektedir. Son yıllarda bağışıklık sisteminin hücre fonksiyonları ve metabolizmasının beslenmeyle ilişkilerini belirlemek amacıyla moleküler, hücresel, çeşitli dokular ve tüm vücut genelinde çalışmalar yapılarak mekanizmaları hakkında detaylı bilgiler bulunmaktadır. Protein bakımından yetersiz beslenme halinde plazmada birçok amino asidin miktarı azalmaktadır. Konuyla ilgili birçok çalışmada amino asitlerin bağışıklık sisteminin devamlılığının sağlanmasında (B ve T lenfositleriyle, doğal katil hücreler ve makrofajların aktive edilmesinde; hücresel redoks durumu, gen ekspresyonu ve lenfosit proliferasyonunda; antikor, sitokinler ve diğer sitotoksik maddelerin üretiminde) önemli rolleri olduğu ifade edilmektedir. İnsan ve hayvanlarda kötü beslenme ve enfeksiyon hastalıklarında bazı amino asitlerin takviyesiyle bağışıklık sisteminin güçlendirilerek hastalık ve ölüm oranının da azaldığı ifade edilmektedir. Amino asitlerden en iyi şekilde yararlanabilmek için kendi aralarındaki antagonistik ilişkilerin besin maddeleri tüketimi ve kullanımı üzerine olan etkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle amino asitlerin biyokimyası, fizyolojisi, bağışıklık sistemindeki rollerinin, bireylerdeki patolojik ve besinsel etkilerinin bilinmesi gerekir. Bağışıklık seviyesi düşük olan bireylerde, lökositlerde bulunan amino asitlerinin metabolizması hakkındaki

mevcut bilgiler hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde oldukça önemlidir (Li ve ark., 2007).

Yetersiz proteinle (amino asitleri) beslenme, plazmadaki amino asitlerinin azalması sonucu bağışıklık sisteminin bozulmasına neden olmaktadır (Kaplan ve Yıldız, 2012).

Dünya genelinde insan ve hayvanların hayatta kalma, sağlıklı büyüme ve üremelerinin önündeki en önemli sorunlardan birisi de yetersiz ve kötü beslenmedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar plazmadaki amino asit yoğunluğunun azalmasıyla karakterize olan rasyondaki protein yetersizliği (Wu ve ark., 1999) ile yaşlı ve hasta bireylerde sıklıkla görülebilen bağışıklıktaki azalmanın önemli beslenme problemleri olduğunu göstermiştir (Dasgupta ve ark., 2005). Bu nedenle memeliler, kuşlar, balıklar ve diğer türlerde bağışıklık sisteminde amino asitlerinin rolü hakkında giderek artan bir ilgi bulunmaktadır (Grimble, 2006; Kim ve ark., 2007). Bağışıklığın geliştirilmesinde ve enfeksiyöz hastalıkların önlenmesinde, amino asitlerinin bireysel olarak rollerinin belirlenmesiyle ilgili hücresel ve moleküler düzeydeki çalışmalar oldukça yenidir (Calder, 2006). Bu derlemenin amacı bağışıklık sisteminde amino asitlerin rolünü aydınlatmaya çalışmaktır.

2. Bağışıklık Sistemi

Bağışıklık sistemi, canlıları enfeksiyonlardan koruyan, patojenleri ve kanser hücrelerini tanıyıp, yok edilmesini sağlayan aktivitelerin toplamıdır. Bakteri, virüs, mantar ve diğer yabancı etkenlere karşı birçok savunma mekanizması (fiziksel bariyerler, kan ve dokulardaki fagositik hücreler, kandaki çeşitli moleküller) bulunmaktadır (Songu ve Katılmış, 2012). Bağışıklık sistemi doğumla birlikte sahip olunan (canlıya ait olanla dışarıdan geleni ayırabilen) ve zamanla kazanılan (lenfositler) olarak iki farklı sistemden oluşur.

Vücutta bulunan bağışıklık ile ilgili primer organlar: bursa fabricus ve timüs bezi; sekonder lenfoid organlar ise: kemik

iliği, dalak, göz çukurundaki harderian bezi, beyinde pineal bez, ayrıca mukozal yüzeylerde, bronşlarda, bağırsaklardaki lenfoid dokular, hücresel bağışıklık sistemi unsurları olan makrofajlar, doğal katil hücreler ile lenfositlerden oluşurken; humoral (sıvısal) bağışıklık elemanları ise immunoglobulinler ile sitokinlerdir (Tüzel, 2012).

Bağışıklık sisteminin aktif hale getirilmesi; lenfositlerden antikor üretimiyle, fagositoz yapıcı özellikteki monosit ve makrofajların aktivitelerinin artırılmasıyla sağlanır. Hücrelerin aktive edilmesiyle kimyasal mesajların taşınmasında görev alan sitokinler salgılanır. Sitokinlerin metabolizma hızını değiştirmesiyle iştahsızlık sonucu besin tüketimi azalarak yetersiz beslenme sorunu ortaya çıkar. Stres (enfeksiyon) halinde metabolizmayı etkileyen glukagon, insülin ve kortikosteroid hormonların seviyelerinde farklılıklar meydana gelmektedir. Vücutta çeşitli doku ve organlardaki mevcut amino asitleri de öncelikli olarak antikor üretimine kaydırılarak bağışıklık sistemi desteklenir. Enerji üretimi için amino asitler deamine edilir, vücut ısısı artar, hareket azalır (Muğlalı ve Salman, 2012).

Vücuda patojenlerin girmesiyle birlikte başlayan mücadele sırasında birçok zararlı metabolit de ortaya çıkmaktadır. Bakteri ve virüslerin etkisiz hale getirilmeleri için yapılarında protein bulunan peroksidazlar, nitrik oksit, katalaz, lizozim vb. hidrolitik enzimlerin salgılanması sonucu sağlam dokular hasar görerek vücut bu süreçten yorgun düşer.

Kanatlılarda bağışıklık sistemi kuluçka döneminden başlayıp, timüs ve bursa fabricustaki lenfoid hücrelerin yayılmasıyla periferik dokularda devam eder. Bu iki organ diğer dokulardan daha hızlı geliştiği için bağışıklık sistemi açısından erken dönemde protein ihtiyacının karşılanması çok önemlidir. Valin ve treonin amino asitleri immunoglobulinlerin yapısında bol miktarda bulunmaları nedeniyle bağışıklık sistemi için önem arz etmektedirler (Demirel ve Pekel, 2006). Çiftlik

hayvanlarının verimleri arttıkça bağışıklık sistemi zayıfladığı için beslenmelerine daha fazla özen gösterilmelidir. Verimle, bağışıklık sistemi arasındaki negatif korelasyon nedeniyle yüksek verimli hayvanların beslenmesinde protein ihtiyaçlarının mutlaka günlük olarak karşılanması gerekir (Mashaly ve ark., 2000).

Kanatlı kümes hayvanlarının bağışıklık sistemleri ile verimleri arasındaki negatif ilişkiden dolayı verim arttıkça bağışıklık sistemindeki baskılanma nedeniyle enfeksiyonlara karşı hassasiyetleri de artmaktadır. Bu nedenle kümes hayvanları yemlerinin kalitesi, besin içeriği vb. etmenlerin de antikor oluşumu ve bağışıklık sisteminin gelişimi üzerine etkileri söz konusudur. (Sarica ve ark., 2009).

İnsanların ve hayvanların beslenmelerinde kullanılan gıda ve yemlerdeki besin maddeleri, ortamda bulunan veya metabolik faaliyetler sonucu ortaya çıkan çeşitli toksinlere ve mikroorganizmalardan kaynaklanan enfeksiyonlara karşı vücudun savunma sistemi önemli bir bariyerdir. Son yıllarda sağlıklı ve dengeli beslenmenin bağışıklık sistemini geliştirdiğine dair yayınlar yapılmıştır (Cengiz, 2005; Demirel ve Pekel, 2006; Gökçeyrek ve Tüzün, 2007; Muğlalı ve Salman, 2012).

3. Bağışıklık Sistemi Elemanları ve Görevleri

Lökositler, diğer bağışıklık öğeleri gibi proteinlerden oluşup, enfeksiyöz hastalıklara karşı savunma mekanizması oluşturulmasında yer alan en önemli elemanlardandır. Lökositler gronülositler (bazofil, eozinofil, nötrofil), lenfosit, monositler ve makrofajlardan oluşmaktadır. Monositler, kemik iliğinde üretilerek çeşitli dokulara dağılır ve orada makrofajlara dönüşür. Makrofajlardan salgılanan sitokinler vücutta ateş oluşturur, antijeni tanıyan B ve T lenfositlerini hazırlar. Lenfositler kemik iliğindeki kök hücrelerden üretilir, daha sonra B ve T lenfositleri olarak farklılaşarak

olgunlaşırlar. B lenfositleri humoral (sıvısal) bağışıklıktan sorumluyken, T lenfositleri hücresel bağışıklıktan sorumludur. B lenfositleri kemik iliğinde üretilir, burada olgunlaşıp, vücuda yayılır, antikor üretiminden sorumludurlar. T lenfositlerinin gelişimi timusta üretilen hormonlar ve sitokinlerle sağlanır. Birkaç günde timusta olgunlaşan T lenfositleri görev yapacakları çeşitli doku ve organlara kan yoluyla taşınır, özellikle viral hastalıklardan korunmada etkilidirler (Songu ve Katılmış, 2012).

Makrofajlar, sitokinler yardımıyla enfekte ve tümör hücrelerini yok edebilir. Lenf düğümlerinde bulunan lenfositler ve makrofajlar antijenleri yakalayıp etkisiz hale getirirler. Dalak, kandaki antijenlerin süzülmesini sağlar, B ve T lenfositleriyle makrofajların toplanma yeridir. Solunum, sindirim ve ürogenital kanalların yüzeyini kaplayan mukozada B ve T lenfositleriyle makrofajlar vücuda giren antijenlerin yok edilmesinde etkilidir. Dentritik hücreler lenfoid dokulara ilave olarak antijenle temas eden çeşitli doku ve organlarda bulunurlar. Antijenleri T hücrelerine sunarlar (Songu ve Katılmış, 2012).

Antikorlar, vücuda giren bakteri, virüs vb. mikroorganizmaların etrafı antikorlar tarafından sarılır, faaliyetleri engellenir, toksinleri etkisiz hale getirilir. Antikorlar vücuda dışarıdan gelen etmenlere karşı oldukça etkilidirler. Patojenler hücre dışı bağışıklıktan kurtulduklarında hücresel bağışıklık sistemi yardımıyla etkisiz hale getirilirler (Calder, 2006; Grimble, 2006; Kim ve ark., 2007). Antikorlar, bağışıklık sisteminin en etkili bileşenleri olup, gözyaşı, solunum sistemi salgıları, tükürük, barsak içeriği, süt ve idrar gibi birçok vücut sıvısında bulunur. En fazla kan serumunda bulunurlar, protein yapısında olduğu için beslenmeyle yeterince amino asitleri alımı önemlidir. Spesifik antikor seviyesi gösteren antikorlara immunglobulinler denilir ve Ig ile ifade edilirler. Antikorlar, virüsler dahil mikroorganizmaları veya toksinlerini nötralize edebilirler. Plazma proteinlerini aktive ederek, fagositoz

yoluyla bakterilerin ortadan kaldırılmasını sağlar. Patojenlerin kandaki bağışıklık maddelerinden kaçmaları halinde ise sitokin üretimiyle (interferon-g) ve diğer sitotoksik proteinler (T lenfositleri) ile etkisiz hale getirilirler. Antikorlar, ekstraselüler patojenlere karşı oldukça etkilidirler (Calder, 2006).

İmmunoglobulinler (antikorlar)

IgA, IgD, IgE, IgG ve IgM olmak üzere 5 farklı sınıfı vardır. Antikorların yaklaşık % 75'ini gama globulinler, % 15'ini IgA, % 10'unu IgM oluştururken, diğerleri % 1'den daha azdır. IgG memelilerde plesentaya geçerek yavrunun bağışıklığını geliştirirken, kolostrumla birlikte devam eder. Küçük molekül ağırlığı nedeniyle damar dışına da geçebilir. Bakteriyel toksinleri etkisiz hale getirir, bakterilere bağlanarak onların fagositozuna yardımcı olur. IgM, makroglobulin olarak adlandırılır ve en büyük molekül ağırlığına sahiptir, kan dolaşımında bulunur. IgD ise ancak % 1 civarında bulunur, proteolitik parçalanmaya karşı en hassas olanıdır. IgE ise helmint gibi parazitler ile saman nezlesinde koruyucudur. Vücudun dış yüzeyinin korunmasında etkilidir.

Sitokinler, düşük molekül ağırlıklı düzenleyici görevi olan ve immun yanıt süresince salgılanan proteinlerdir. Canlının antijene karşı reaksiyonunu düzenler. Aktive edilmiş T hücreleri, makrofajlar gibi birçok hücre tarafından salgılanıp, hücre iletişimde görev alırlar (Songu ve Katılmış, 2012). İnterferon, sitokinler ailesinden olup, vücuda giren mikroorganizmalar, parazitler, kanser hücreleri ve özellikle de virüslere karşı bağışıklık hücreleri tarafından salgılanan birbirine benzer glikoproteinlerdir. Hücre içinde virüslerin çoğalmasını önleyerek yayılmalarını engelleyen, hızlı üretilen savunma sistemi elamanlarıdır. Özellikle omurgalı hayvanlarda üretilerek, virüslerin yaşamsal risk oluşturmalarını engeller. Virus vb. yabancı maddelerin uyarımıyla hemen salgılandıkları için enfeksiyonun hızla kontrol edilmesinde etkilidirler. Vücuda giren virüs hücrenin DNA'sında bir geni

etkin hale getirir, bir saatlik sürede interferon üretilerek, diğer hücrelerde virüslerin çoğalmalarını engelleyici özel protein sentezi başlatılır. Enfeksiyona neden olan virüse göre üretilcek interferon tipi belirlenir (Mahajan ve Kaur, 2015).

Canlılar patojenlerden korunmak için doğuştan var olan ve sonradan kazanılan olmak üzere iki farklı savunma sistemine sahiptirler (Calder, 1995). Canlıların doğuştan sahip oldukları sistemler: fiziksel bariyerler (deri, solunum ve sindirim sistemlerindeki endotel hücre tabakası), mononükleer fagositler, dendritik hücreler, polimorfonükleer granülositler, mast hücreleri, doğal katil hücreler, plateletler ve vücut sıvılarında bulunan faktörler (kollektinler, complementler, lizozimler, C-reaktif proteinler vb. (Buchanan ve ark., 2006). Doğuştan gelen bağışıklık sistemi hastalık etkenleriyle karşılaşma halinde hızla devreye girerken, sonradan kazanılan bağışıklıkta ise enfeksiyon ajanlarını ortadan kaldırmak için kısa süre sonra aktif hale gelmektedir. Sonradan kazanılan bağışıklık sistemi B ve T lenfositleri ile kanda bulunan faktörlerden oluşmaktadır. Her bir lenfositin tek bir antijene duyarlı yüzey reseptörüne sahip olması nedeniyle sonradan kazanılan bağışıklık oldukça spesifikdir. Bağışıklık sistemi ilk uyarıdan birkaç gün sonra etkin hale gelir ve immünolojik hafızaya sahiptir. Kanla ilgili bağışıklık sisteminde, spesifik antikorların üretimi ve serbest bırakılmasında B lenfositleri çok özel yeteneğe sahiptirler. Doğuştan ve sonradan kazanılan bağışıklık sistemleri yüksek derecede interaktif kimyasal iletişimlerle (immunoglobulinler ve sitokinler) düzenlenir (Calder, 2006).

Her iki bağışıklık sistemi de polipeptidler ve proteinlerin sentezi için biyolojik önemi büyük diğer moleküller (nitrik oksit, süperoksit, hidrojen peroksit, histamin, glutatyon ve antranilik asit) kadar yeterli miktarda amino asitlerinin bulunmasına bağlıdır (Kim ve ark., 2007). Amino asitleri birbirlerinden bağımsız doğrudan veya dolaylı olarak

metabolitleriyle bağışıklık sistemini etkilemektedirler.

4. Bağışıklık Sisteminde Amino Asitlerin Rolü Alanin

Karaciğerde glukoz sentezinde kullanılır ve lökositlerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında görev alarak bağışıklık sistemini etkiler (Newsholme ve Newsholme, 1989). Mekanizma tam olarak bilinmemekle birlikte, herhangi bir hayvan türünde bağışıklık üzerinde alanin uygulamasının bir miktar etkili olabileceği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, hastalık nedeniyle hayvanların ağız yoluyla beslenmelerinde glukoneogenesis ve lökosit metabolizması için alanin desteğinin etkili olabileceği ifade edilmektedir (Kudsk, 2006).

Arjinin, sitrullin ve ornitin

Arjinin, sitrullinden sentezlenir ve neredeyse tüm hücrelerde bulunur. Dağ gelinciği ve kediler hariç, memelilerin çoğunda ince barsakta glutamin, glutamat ve prolinden sentezlenir (Wu ve Morris, 1998). Plazmadaki arjinin ve sitrullinin yoğunluklarının açlık, yetersiz proteinle beslenme, travma, yanık, yangı, enfeksiyon ve karaciğer nakli gibi durumlarda belirgin şekilde azaldığı belirlenmiştir (Bansal ve Ochoa, 2003). Arjinin, pozitif yüklü amino asitlerin hücre membranından geçişlerinin kolaylaştırılmasında, insülin, büyüme hormonu, prolaktin ve insülin benzeri faktör - I'n salgılanmasında görev alır (Newsholme ve ark., 2005). Doğuştan veya sonradan kazanılan bağışıklığın sağlanmasında lökositler tarafından arjinden üretilen nitrik oksit çok önemli rol oynamaktadır. Helikobakter pilori gibi bazı bakteriler ortamdaki arjinini tüketerek, nitrik oksit üretimini azaltıp, hayatta kalma stratejisi geliştirmişlerdir (Gobert ve ark., 2001). Hayvan besleme çalışmaları lenfosit gelişimi ve bağışıklık sisteminin gelişimi için rasyonda yeterli miktarda arjinin sağlanması gerektiğini göstermiştir (Calder ve Yaqoob, 2004). Yemlerle sağlanan arjinin yetersizliğinde, nitrik oksit sentezinin ve bağışıklık sisteminin

bozulduğu genç ratlarda (Wu ve ark., 1999) ve civcivlerde (Konashi ve ark., 2000) tespit edilmiştir. Hayvanlarda yanık, barsak hasarı, bakteriyel peritonitis vakalarında rasyonda %1 arjinin bulunmasıyla, bakterilerin kolonileşmesi azalmış, fagositler aktifleşmiş ve ölüm oranı azalmıştır (Abumrad ve Barbul, 2004). Gebe domuzların rasyonlarında %0.83 düzeyinde arjinin kullanımının anne ve yeni doğan yavruların bağışıklık sistemini iyileştirerek hastalık ve ölüm oranını azalttığı tespit edilmiştir (Kim ve ark., 2007). Aynı arjinin gibi günlük olarak yeme %0.1 oranında ornitin bağışıklık sistemini düzenleyip, yanık, enfeksiyon ve tümörlerde etkili olmuştur (Cynober, 2004).

Asparajin

Bağışıklık sisteminin gelişiminde önemli rolü olduğu ifade edilmektedir. Mitojen veya diğer uyarıcılara karşı lenfositler veya makrofajlarda belirgin şekilde artan asparajin sentezi ile makrofajlarda ve timositlerde ornitin dekarboksilaz enzimi aktivitesini artırmıştır (Suzuki ve ark., 2002).

Aspartat ve glutamat

Lökositlerin metabolizmasında ve fonksiyonlarında çok yönlü etkilere sahiptirler (Newsholme ve ark., 2003). Glutamat beyin gibi bazı dokularda nitrik oksidaz salgılamasını düzenleyerek dolaylı olarak hayvanlarda bağışıklığı etkilemektedir (Wu ve Meininger, 2002). Glutasyon sentezinde görev alan glutamat, oksidanların ortadan kaldırılmasında ve bağışıklık sisteminin geliştirilmesinde rol alır (Wu ve ark., 2004a). Enterositlerin en önemli yakıtı glutamine ilave olarak, aspartat ve glutamattır. Her ikisi de lökosit metabolizmasında enerji kaynağı olarak kullanılırken, merkezi ve periferik sinir sisteminde iletimi uyarırlar (Newsholme ve ark., 2003). Özellikle bağışıklığın baskılandığı durumlarda optimum bağışıklık için rasyonda glutamatın gerekli olduğu ifade edilmektedir.

Dallanmış zincirli amino asitler (DZAA)

İskelet kaslarında endojen glutamin sentezinde gerekli olan ve bağışıklık sisteminin bir parçası olarak ifade edilen α -amino grubunun sağlanmasında DZAA rol oynamaktadır. Lösin, izolösin ve valin yetersizliği kanatlılarda bağışıklık sistemiyle ilgili bursa fabricus ve timüs organlarının ağırlığında azalmaya yol açtığı, arjinin ve lizin yetersizliğinin ise canlı ağırlık artışı ile yem tüketimini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Cengiz, 2005).

Fenilalanin

Lökositlerce yapılan nitrik oksit sentezini düzenler. Dolayısıyla rasyonla yetersiz fenilalanin alımı halinde aktive edilmiş makrofajlarda ve diğer lökositlerde nitrik oksit üretimi için daha fazla tetrahidrobiopterine ihtiyaç duyulacaktır (Wu ve Meininger, 2002).

Glisin

Purin nükleotidleri, glutasyon ve kan gibi birçok önemli fizyolojik bileşiğin yapısında yer alır (Kim ve ark., 2007). Ayrıca kendisi de serbest radikalleri temizleyen güçlü bir antioksidandır. Lökosit ve bağışıklık sistemi tarafından üretilen sitokinlerin ayarlanmasında rol oynamaktadır (Zhong ve ark., 2003). Rasyonda glisin eksikliği tavuklarda bağışıklık sistemini etkinliğini azaltmıştır (Konashi ve ark., 2000). Yapılan çalışmalar glisinin yangı azaltıcı, bağışıklığı düzenleyici ve hücreleri koruyucu etkiye sahip bir besin maddesi olduğunu göstermiştir (Tsune ve ark., 2003).

Glutamin

Plazma, iskelet kasları, fetal sıvılar ve sütte bol miktarda bulunan bir amino asididir (Self ve ark., 2004). Hücrelerin temel enerji kaynağı olup, bağışıklık sisteminde yer alan hücrelerin fonksiyonlarında ve homeostaziste önemli rol alır. Glutamin, purin ve pirimidin nükleotidlerinin sentezlenmesinde öncüdür, lenfositlerin çoğalmasında rol oynamaktadır. Arjinin sentezi üzerinden makrofaj ve monositlerdeki nitrik oksit

sentezi için de gereklidir. Aslında makrofaj aktivitesi için glutamattan elde edilen arjinin çok daha önemlidir. Lenfositlerde antikor üretiminin teşvik edilmesinde ve hücre büyümesinin uyarımında gereklidir. Makrofajların en yüksek düzeyde fagositoz yapabilmeleri, ekstraselüler sıvıdaki glutaminin yeterince bulunmasına bağlıdır (Newsholme ve ark., 2003). Yapılan hayvan deneyleriyle ağız veya damar yoluyla glutamin ilavesinin bağışıklık sistemini geliştirdiği tespit edilmiştir. Bakteriyel enfeksiyonlara karşı korunabilmek için rasyondaki glutamin düzeyinin artırılması ratlarda gelişen tümörlerin büyümesini engellemiştir (Shewchuk ve ark., 1997).

Histidin

Plazma, organizmada birçok biyolojik prosesi düzenleyen, aktiviteleri tamamlayan, bağışıklıkla ilgili komplekslerde, ölen hücrelerin fagositozu gibi birçok fonksiyonu yerine getiren histidine zengin glikoproteinleri yüksek düzeyde içerir (Jones ve ark., 2005). Histamin, hedef hücrelerdeki çeşitli histamin reseptörlerini aktive ederek çeşitli fizyolojik ve immunolojik fonksiyonları düzenlemektedir. Histidin ilavesiyle yapılan çalışmalarda hücre ölümünün önleniği, hücre büyümesinin arttığı ve lenfositlerde antikor üretiminin teşvik edildiği tespit edilmiştir. Rasyondaki histidin yetersizliğinin bağışıklık sistemini olumsuz etkileyen plazmadaki histidine zengin glikoproteinleri azaltabileceği (Jones ve ark., 2005), rasyonla histidin verilmesinin deri başta olmak üzere bağışıklık fonksiyonlarını artırdığı belirtilmiştir (De Fabo ve ark., 1997).

Lizin

Civciv rasyonlarındaki lizin eksikliğinin, sitokinler dahil protein sentezi ile lenfositlerin proliferasyonunu azalttığı, hastalanma ve ölüm oranlarının artışıyla sonuçlanan bağışıklık sistemini bozduğu ifade edilmektedir (Konashi ve ark., 2000). Rasyonda yetersiz lizin alımı halinde civcivlerin bağışıklık sisteminin ve antikor

cevaplarının azaldığı belirtilmiştir (Chen ve ark., 2003).

Proline

Prolin kolajenin yapısındaki amino asitlerin yaklaşık 1/3'ünü oluşturması nedeniyle yaraların iyileşmesi ve bağışıklık sistemi için önemlidir (Abumrad ve Barbul, 2004). İnce barsaktaki prolin oksidaz enzimi yetersizliği nedeniyle prolinin katabolizmasındaki bozulma, bağışıklık sisteminin bozulmasıyla sonuçlanmaktadır (Ha ve ark., 2005). Prolin oksidasyonu meydana gelen en önemli ürün olan hidrojen peroksit bir sinyal molekülü olmasının yanı sıra (Shi ve ark., 2004), patojenik bakteriler için de sitotoksik özelliktedir (Kim ve ark., 2007). Sütte bulunan prolin oksidaz doğum sonrası ince barsağın bakteriyel ve viral enfeksiyonlara karşı korunmasında rol oynar (Sun ve ark., 2002).

Serin

Özellikle ruminant hayvanlarda glukozun karaciğer ve böbrekte sentezi, glisin sentezi, B ve T lenfositlerinin sinyal molekülleri ve yapısal bileşenleri gibi birçok fonksiyonu bulunmaktadır (Kim ve ark., 2007). Fosfatidilserin enfeksiyon durumunda T lenfositlerinin aktive edilmesinde görev almaktadır. Glukoz, lenfositler ve makrofajlar için ana yakıttır (Newsholme ve ark., 1999), özellikle ruminantlarda gebelik döneminde serin yetersizliği durumunda bu hücrelerin fonksiyonları azalır. Rasyonda serin yetersizliği tavuklarda bağışıklık sisteminin azalmasıyla sonuçlanmıştır (Konashi ve ark., 2000).

Kükürtlü amino asitler

Bağışıklık sisteminde yer alan proteinlerin sentezi için kükürt içeren metiyonin ve sistin amino asitleri önemli rol oynarlar (Grimble, 2006). DNA ve proteinlerin metilasyon süreçlerinde gereken metil grubu sağlayıcısı, spermin ve spermidin sentezinde, gen ekspresyonlarında metiyonin önemli rol oynamaktadır. Ayrıca metiyonin kolin sentezinde yer alan önemli bir substrattır ve

böylece asetilkolin ve posfatidilkolin sinir fonksiyonları ve lökosit metabolizması için öneme sahiptir (Kim ve ark., 2007). Sistin ise hayvan hücrelerindeki glutatyonun ve bir sinyal molekülü olan hidrojen sülfür üretimi için gereklidir (Malmezat ve ark., 2000). Travma, enfeksiyon ve yaralanma durumlarında sülfür içeren amino asitlere gereksinim artmaktadır (Grimble, 2006). Kükürtlü amino asitlerinin son metabolitleri taurin ve sülfattır. Lenfositlerde en çok bulunan serbest amino asiti olan taurin kuvvetli bir antioksidandır (Fang ve ark., 2002). Oksidatif hasara karşı vücudun korunmasında rol alan antioksidan olan glutatyon, karaciğerde kükürtlü amino asitlerden sentezlenmektedir. Metiyonin, hayvan vücudunda protein ve bazı poliaminlerin sentezinde, hücrelerin oksidatif stresten korunmasında ve bağışıklık sistemin gelişmesinde yer alan en önemli esansiyel amino asitlerden birisidir. Bu nedenle, özellikle bağışıklık sistemini uyarıcı ve performans üzerine sağlayabileceği olumlu etkilerinden dolayı etlik piliçlerin metiyonin gereksiniminin tam olarak karşılanması büyük öneme sahiptir (Ak ve Sözcü, 2016). Metiyonin yetersizliğinde hayvanların bağışıklık sistemleri zayıflamakta ve verim kaybı kaçınılmaz hale gelmektedir (Demirel ve Şentürk Demirel, 2017).

Tirosin

Fenilalaninin parçalanması sonucu ortaya çıkan bir üründür. Dopamin, melanin, tiroit hormonları (triiodotironin, tiroksin), epinefrin ve nor epinefrin hormonlarının sentezinde yer alır (Kim ve ark., 2007). Norepinefrin, bağışıklık sistemi üzerine etkili, sempatik sinir sisteminden serbest bırakılan anahtar görevi olan bir habercidir (Kin ve Sanders, 2006). Ayrıca dopamin ve melanin, monosit ve makrofajlar tarafından salgılanan yangı öncesi sitokinlerin sentezini de azaltır, lökositlerce üretilen yangı önleyici salgıları uyarır, lenfosit proliferasyonu, plateletlerin birleşmesini ve nötrofillerin fagositoz kapasitelerini düzenler (Basu ve Dasgupta, 2000). Tavuk rasyonunda tirosin ve

fenilalanin yetersizliğinin, bağışıklık sisteminin bozulmasıyla sonuçlanmıştır (Konashi ve ark., 2000).

Treonin

Hayvanlarda plazma g-globulinleri ve ince barsaklardaki musinin ana bileşenlerinden birisidir (Kim ve ark., 2007). Rasyona treonin ilavesiyle yapılan hayvan besleme çalışmaları, hücre büyümesini uyarmış, lenfositlerdeki antikor üretimini olumlu etkilemiştir (Wang ve ark., 2006).

Triptofan

Serotonin, N-asetilserotonin, melatonin ve antranilik asit triptofan katabolizmasının son ürünleridir (Kim ve ark., 2007). Cıvcıvlerde triptofan yetersizliği sonucu bağışıklık sistemi bozulmuştur (Konashi ve ark., 2000). Ratlara ağız yoluyla 300mg triptofan verilmesiyle makrofajların fagositozu ve doğuştan gelen bağışıklık yanıtının arttığı belirtilmiştir (Esteban ve ark., 2004).

5. Sonuç

Sonuç olarak, enfeksiyon ajanları olan patojenlere karşı bağışıklık sisteminin geliştirilmesinde anahtar görevi olan ve birçok özel proteinin (sitokinler ve antikorlar gibi) sentezlenmesi için amino asitlere gereksinim duyulmaktadır. Çeşitli amino asitlerinin bağışık sistemindeki görevleri insan ve çiftlik hayvanlarıyla yapılan çalışmalarla net olarak anlaşılmıştır. Amino asitler bu kadar yararlı olmalarına rağmen dengesiz alındığında veya ortamda antagonistik etkili maddeler bulunması halinde, fazla verilen amino asitlerin bağışıklık sistemi üzerine toksisiteleri de söz konusudur. Besinsel immünolojinin son yıllarda hızlı gelişmesine rağmen, bağışıklık sistemi üzerine amino asitlerinin etkilerini düzenleyen moleküler mekanizmalar konusunda sınırlı bilgi bulunmaktadır. Canlıların vücudunda doğumla birlikte mevcut olan ve sonradan kazanılan bağışıklık sisteminin daima aktif olması için insan ve hayvanların herşeyden önce dengeli ve sağlıklı olarak beslenmeleri

gerekir. Bu amaçla temel besin maddelerinden birisi olan kaliteli ve yeterli proteini düzenli olarak her gün mutlaka alabilmeleri gerekir. Özellikle tek mideli hayvanların beslenmesinde proteinlerin niteliği, sindirilebilirliği ve amino asit profillerinin de dikkate alınması gerekmektedir. İnsan ve hayvanların stressiz bir ortamda yeterli uyku ve dinlenmeyle bağışıklık sistemlerinin tam olarak devreye girebileceği gerçeği de unutulmamalıdır.

Kaynaklar

- Abumrad, N.N., Barbul, A., 2004. The use of arginine in clinical practice. In *Metabolic & Therapeutic Aspects of Amino Acids in Clinical Nutrition* 2nd ed. pp. 595 - 611 [LA Cynober, editor]. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ak, İ., Sözcü, A., 2016. Etlik piliçlerin beslenmesinde metiyoninin bağışıklık sistemi gelişimi ve performans açısından önemi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 13(1): 5-8.
- Bansal V., Ochoa JB., 2003. Arginine availability, arginase, and the immune response. current opinion in clinic. *Nutrition and Metabolic Care* 6(2): 223-228.
- Basu, S., Dasgupta, P.S., 2000. Dopamine, a neurotransmitter, influences the immune system. *Journal of Neuroimmunol*, 102(2): 113-124.
- Buchanan, J.T., Simpson, A.J., Aziz, R.K., Liu, G.Y., Kristian, S.A., Kotb, M., Feramisco, J., Nizet, V., 2006. DNase expression allows the pathogen group a streptococcus to escape killing in neutrophil extracellular traps. *Current Biology*, 16: 396 - 400.
- Calder PC., 1995. Fuel utilization by cells of the immune system. *Proceedings of The Nutrition Society*, 54: 65 - 82.
- Calder, P.C., Yaqoob, P., 2004. Amino acids and immune function. In *Metabolic & Therapeutic Aspects of Amino Acids in Clinical Nutrition*. 2nd ed. pp. 305–320 [LA Cynober, editor]. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Calder, P.C., 2006. Branched-chain amino acid and immunity. *Journal of Nutrition*, 136: 288-293.
- Cengiz, Ö. 2005. Broyler rasyonlarına ilave edilen değişik düzeylerdeki arjininin performans, immun sistem ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Chen, C., Sander, J.E., Dale, N.M., 2003. The effect of dietary lysine deficiency on the immune response to newcastle disease vaccination in chickens. *Avian Diseases*, 47: 1346-1351.
- Cynober, L.A., 2004. Ornithine α -ketoglutarate as a potent precursor of arginine and nitric oxide: a new job for an old friend. *The Journal of Nutrition*, 134(10): 2858-2862.
- Dasgupta, M., Sharkey, J.R., Wu, G., 2005. Inadequate intakes of indispensable amino acids among home bound older adults. *Journal of Nutrition for the Elderly*, 24: 85-99.
- De Fabo, E.C., Webber, L.J., Ulman, E.A., Broemeling, L.D., 1997. Dietary l-histidine regulates murine skin levels of trans-urocanic acid, an immune-regulating photoreceptor, with an unanticipated modulation: potential relevance to skin cancer. *The Journal of Nutrition*, 127: 2158-2164.
- Demirel, G., Pekel, A., 2006. Tavuklarda bağışıklığın artırılmasında besin maddelerinin rolü. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(2): 71-77.
- Demirel, R., Şentürk Demirel, D., 2017. Organik tavukçulukta metiyonin esansiyel amino asidi ihtiyacının karşılanması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4): 281-288.
- Esteban, S., Nicolaus, C., Garmundi, A., Rial, R.E., Rodriguez, A.B., Ortega, E., Ibars, C.B., 2004. Effect of orally administered l-tryptophan on serotonin, melatonin and the innate immune response in the rat. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 267: 39 - 46.

- Fang, Y.Z., Yang, S., Wu, G., 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 8: 872-879.
- Gobert, A.P., McGee, D.J., Akhtar M., Mendz, G.L., Newton, J.C., Cheng, Y., Mobley, H.L.T., Wilson, K.T., 2001. Helicobacter pylori arginase inhibits nitric oxide production by eukaryotic cells: a strategy for bacterial survival. *Proceedings of the National Academic Sciences* 98: 13844-13849.
- Gökçeyrek, D., Tüzün, C.G., 2007. Kanatlılarda bağışıklık sisteminin gelişiminde erken beslemenin önemi. IV. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 24-28 Haziran, Bursa.
- Grimble, R.F., 2006. The effects of sulfur amino acid intake on immune function in humans. *The Journal of Nutrition*, 136: 1660-1665.
- Ha, E.M., Oh, C.T., Bae, Y.S., Lee, W.J., 2005. A direct role for dual oxidase in drosophila gut. *Immunity Science*, 310(5749): 847-850.
- Jones, A.L., Hulett, M.D., Parish, C.R., 2005. Histidine-rich glycoproteins: a novel adaptor protein in plasma that modulates the immune, vascular and coagulation systems. *Immunology and Cell Biology*, 83: 106-118.
- Kaplan, M., Yıldız, G., 2012; Kanatlılarda protein ve amino asitlerin immun sistem üzerine etkisi. Veteriner Tavukçuluk Derneği, Mektup Ankara 10(3): 3-12.
- Kim, S.W., Mateo, R.D., Yin, Y.L., Wu, G., 2007. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production of sow and piglets. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 20: 295-306.
- Kin, N.W., Sanders, V.M., 2006. It takes nerve to tell t and b cells what to do. *Journal of Leukocyte Biology*, 79: 1093-1104.
- Konashi, S., Takahashi, K., Akiba, Y., 2000. Effects of dietary essential amino acid deficiencies on immunological variables in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 83: 449-456.
- Kudsk, K.A., 2006. Immunonutrition in surgery and critical care. *Annual Review of Nutrition*, 26: 463 - 479.
- Li, P., Yin, Y.L., Li, D., Kim, S.W., Wu, G., 2007. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98(2): 237-252.
- Mahajan, B.B., Kaur, S., 2015. Interferons. *Indian Journal of Dermatol Venereology and Leprology*, 81: 51-55.
- Mashaly, M.M., Heetkamp, M.J., Parmentier, H.K., Schrama, J.W., 2000. Influence of genetic selection for antibody production against sheep blood cells on energy metabolism in laying hens. *Poultry Science*, 79: 514-524.
- Muğlalı, H., Salman, M., 2012. Kanatlılarda beslenme sağlık ilişkisi. Hayvan Beslemede Güncel Yaklaşımlar. *İnfovet Dergisi*, 10-35.
- Newsholme, P., Newsholme, E.A., 1989. Rates of utilization of glucose, glutamine and oleate and formation of end-products by mouse peritoneal macrophages. *Biochemical Journal*, 261: 211-218.
- Newsholme, P., Curi, R., Curi, T.C.P., Murphy, C.J., Garcia, C., de Melo, M.P., 1999. Glutamine metabolism by lymphocytes, macrophages and neutrophils: its importance in health and disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 10: 316-324.
- Newsholme, P., Procopio, J., Lima, M.M.R., Pithon-Curi, T.C., Curi, R., 2003. Glutamine and glutamate - their central role in cell metabolism and function. *Cell Biochemistry and Function*, 21: 1-9.
- Newsholme, P., Brennnan, L., Rubi, B., Maechler, P., 2005. New insights in to amino acid metabolism, beta-cell function and diabetes. *Clinical Science*, 108: 185-194.
- Sarıca, Ş., Karataş, Ü., Gözalan, R., 2009. Kanatlılarda bağışıklık sistemi ve bağışıklık sistemini etkileyen besinsel faktörler. *Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(2): 81-86.

- Self, J.T., Spencer, T.E., Johnson, G.A., Hu, J., Bazer, F.W., Wu, G., 2004. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. *Biology of Reproduction*, 70: 1444-1451.
- Shewchuk, L.D., Baracos, V.E., Field, C.J., 1997. Dietary L-Glutamine supplementation reduces growth of the morris hepatoma 7777 in exercise-trained and sedentary rats. *Journal of Nutrition*, 127(1): 158-166.
- Shi, W., Meininger, C.J., Haynes, T.E., Hatakeyama, K., Wu, G., 2004. Regulation of tetrahydrobiopterin synthesis and bioavailability in endothelial cells. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 41: 415-433.
- Songu, M., Katılmış, H., 2012. Enfeksiyondan korunma ve immün sistem. *Journal of Medical Updates*, 2(1): 31-42.
- Sun, Y.P., Nonobe, E., Kobayashi, Y., Kuraishi, T., Aoki, F., Yamamoto, K., Sakai, S., 2002. Characterization and expression of L-Amino acid oxidase of mouse milk. *Journal of Biological Chemistry*, 277: 19080-19086.
- Suzuki, F., Okayasu, H., Tashiro, M., Hashimoto, K., Yokote, Y., Akahane, K., Hongo, S., Sakagami, H., 2002. Effect of lignins and their precursors on nitric oxide, citrulline and asparagine production by mouse macrophage-like raw 264•7 cells. *Anticancer Research*, 22(5): 2719-2724.
- Tsune, I., Ikejima, K., Hirose, M., Yoshikawa, M., Enomoto, N., Takei, Y., Sato, N., 2003. Dietary glycine prevents chemical induced experimental colitis in the rat. *Gastroenterology*, 125: 775-785.
- Tüzel, T., 2012. Tavuk aşıları ve aşı programları. Veteriner Tavukçuluk Derneği, Mektup Ankara 10(3): 14 - 20.
- Wang, X., Qiao, S.Y., Liu, M., Ma, Y.X., 2006. Effects of graded levels of true ileal digestible threonine on performance, serum parameters and immune function of 10–25 kg pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 129: 264-278.
- Wu, G., Morris, S.M., 1998. Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochemical Journal* 336: 1-17.
- Wu, G., Flynn, N.E., Flynn, S.P., Jolly, C.A., Davis, P.K., 1999. Dietary protein or arginine deficiency impairs constitutive and inducible nitric oxide synthesis by young rats. *The Journal of Nutrition*, 129: 1347-1354.
- Wu, G., Meininger, C.J., 2002. Regulation of nitric oxide synthesis by dietary factors. *Annual Review of Nutrition*, 22: 61-86.
- Wu, G., Bazer, F.W., Cudd, T.A., Meininger, C.J., Spencer, T.E., 2004. Maternal nutrition and fetal development. *The Journal of Nutrition*, 134: 2169-2172.
- Zhong, Z., Wheeler, M.D., Li, X.L., Froh, M., Schemmer, P., Yin, M., Bunzendaul, H., Bradford, B., Lemasters, J.J., 2003. Glycine: a novel anti-inflammatory, immunomodulatory and cytoprotective agent. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 6: 229-240.

Atıf Şekli: Şentürk Demirel, D., 2024. İnsan ve Çiftlik Hayvanlarında Protein Tüketimiyle Bağışıklık Sistemi İlişkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 320-330.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11670292>.

To Cite: Şentürk Demirel, D., 2024. Relations Between Protein Intake and Immune System in Human and Farm Animals. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 320-330.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11670292>.

Dörtöl Ovası Topraklarında Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Belirlenmesi

Necat AĞCA ^{1*}, Emine Derya AŞKİNER ²

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

² Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar

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

Geliş Tarihi (Received): 15.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Bu araştırmada, Dörtöl ovasında yer alan toprakların bazı besin element içerikleri belirlenerek mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Alandan, 0-30 cm derinlikten ve toplam 48 noktadan bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme sırasında, örnek alınan noktaların coğrafi koordinatları GPS cihazı ile belirlenmiştir. Topraklarda; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), Kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Besin elementlerinin mekânsal değişiminin modellenmesinde jeoistatistik yöntemler, haritalanmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Topraklarda alınabilir K, P, Ca, Na ve K içerikleri (mg kg⁻¹) sırasıyla; 12.18 ile 1563.1, 2.4 ile 133.6, 522.5 ile 4363.3, 3.07 ile 56.78 ve 473.7 ile 3278.8 arasında değişmiştir. Toprakların alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri (mg kg⁻¹) ise sırasıyla, 8.8 ile 43.5, 0.8 ile 9.4, 9.4 ile 332.2 ve 2.3 ile 22.7 arasında değişiklik göstermiştir. Besin elementlerine ait verilerin varyasyon katsayıları (VK) % 37.80 (Ca) ile % 120.85 (K) arasında değişmiştir. Çalışma alanındaki toprakların A₀ değerleri 710 m (Fe için) ile 18600 m (P için) m gibi çok geniş sınırlar arasında değişmiştir. Besin elementlerinin çoğunluğu için en uygun yarıvayıyogram modellerinin Üssel (Exponential) ve küresel (Spherical) olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dörtöl ovası, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), jeoistatistik, makro ve mikro besin elementleri

Determination of Spatial Distribution of Some Nutrient Element Contents in Dörtöl Plain Soils

Abstract

In this research, some nutrient element contents of the soils in the Dörtöl plain were determined and spatial distribution maps of these elements in the study area were created. By using random sampling method, a total of 48 soil samples were taken from 0-30 cm depth from the study area. During sampling, the geographical coordinates of the sampled points were determined with a GPS device. In the soil samples; Available sodium (Na), potassium (K), Calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) were analyzed. Geostatistical methods were used to model the spatial distribution and geographic information systems (GIS) were used in mapping of elements. The K, P, Ca, Na, Mg contents (mg kg⁻¹) varied between 12.18 - 1563.1, 2.4 - 133.6, 522.5 - 4363.3, 3.07 - 56.78 and 473.7 - 3278.8, respectively. Among the micronutrients, Fe, Cu, Mn and Zn contents (mg kg⁻¹) varied between 8.8 and 43.5, 0.8 and 9.4, 9.4 and 332.2 and 2.3 and 22.7, respectively. The coefficient of variation (VK) of the soil parameters varied between 37.80 % (Ca) and 120.85 % (K). A₀ values of the soils in the study area varied between very wide limits, such as 710 m (for Fe) and 18600 m (for P). Exponential and Spherical models for the majority of elements were determined as the most suitable semivariogram model.

Keywords: Dörtöl plain, geostatistic, geographic information system, macro and micro nutrient

1. Giriş

Bitkisel üretimin en önemli bileşenlerinden biri topraktır. Topraklar aynı zamanda kendini yenileyemeyen doğal kaynaklardır. Zira 1 cm derinlikte toprak katmanının oluşabilmesi için birkaç yüz yıl gerekebilmektedir.

Bugün dünyada ve Türkiye’de nüfus sürekli olarak artmaktadır. Buna karşın, artan bu nüfusun gıda gereksinimini sağlayacak olan kültür bitkilerinin hemen hemen tek beslenme ve gelişme ortamı olan toprakların miktarını artırma olanağı kalmamıştır. Ayrıca topraklar her geçen gün tarımsal alanlar amaç dışı kullanılmak suretiyle azalmaktadır. Bu nedenle, artan nüfusun gıda gereksinimlerinin karşılayabilmenin tek yolu ise birim alandan alınacak ürün miktarını artırmaktır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmenin yolu ise onların verimlilik düzeyinin yükseltilmesidir. Bunun için de diğer uygulamaların yanında, besin element içeriklerinin belirlenmesi ve bu elementlerin derinliğe ve uzaklığa bağlı değişimlerinin saptanması gerekir. Her ne kadar topraksız ortamlarda bitkisel üretim yapılabiliriyorsa da, topraklar hala bitkisel üretim için en önemli bitkisel üretim kaynağı topraktır. Topraklar bitkilerin kullandığı makro ve mikro besin elementlerinin birincil ve en önemli kaynağıdır.

Topraklarda bulunan besin elementlerinin içeriğinin ve yersel dağılımının tahmin edilmesi toprak ve gübre yönetimi açısından da önemlidir. Yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda topraklardaki makro ve mikro besin elementleri hızla tükenmektedir. Bu nedenle yoğun bitkisel üretim yapılan alanda verimin artırılması için mutlak surette toprakta bulunan makro ve mikro besin element düzeylerinin bilinmesi ve eksilen alanlarda gübreleme yapılması gerekmektedir.

Bitkisel üretimin artırılması ve tarımsal risklerin azaltılması gibi yararları nedeniyle sahaya özgü yönetim uygulamaları artmaktadır. Bu nedenle, toprakların besin

element içeriklerinin yersel değişkenliğinin detaylı bir şekilde anlaşılması, son yıllarda hayatı önem taşımaktadır (Reza ve ark., 2017).

Toprak özellikleri dikey mesafelerde olduğu kadar yatay uzaklıklarda da sık sık değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle toprakların özelliklerinin belirlenmesi için çok sayıda örnek alıp analiz etmek gerekmektedir. Bu da hem büyük zaman hem de para kaybına neden olmaktadır. Bu olumsuz durumu önlemenin yolları ise; bir yandan toprakları en iyi şekilde temsil edebilecek örnekleme yöntemini seçmek, diğer yandan da örnekleme yapılmamış yerlerdeki toprak özelliklerinin içerleklerini tahmin etmek gerekir. Bu amaçla en fazla kullanılan yöntem ise jeoistatistiktir (Reza ve ark., 2016).

Jeoistatistik, az sayıda örnekleme yapılan çalışmalarda, örnekleme yapılmamış olan alanlardaki toprakların özelliklerini tahmin eden ve toprak özelliklerinin yersel değişimini inceleyebilmek için en fazla kullanılan kullanılan araçlardan biridir (Webster ve Oliver, 2007).

Jeoistatistik kullanılarak oluşturulan topraklardaki besin elementlerinin dağılım haritaları, çalışılan alanlardaki besin elementlerinin eksikliği veya fazlalığı yönünden büyük bilgiler sunarlar. Dolaylı olarak besin elementi fazlalığı olan alanlarda yüzey ve yüzey altı sularının kalitelerinin belirlenmesinde de yararlı olmaktadır. (Libutti ve Monteleone, 2017).

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin yapısının tahmin edilmesinde yarıvaryogramlar, örnekleme yapılmayan noktaların değerlerinin, örnekleme yapılan noktalardaki değerlerin kullanılması ile tahmin edilmesinde ise farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en fazla kullanılan krigleme yöntemidir.

Jeoistatistiğin toprak biliminde kullanılması her geçen gün artmaktadır. Jeostatistiksel yöntemlerin uygulamalarında çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Cüre, 2023).

Sürdürülebilir tarım açısından gerekli olan verilerin elde edilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve haritalanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'den yararlanılmaktadır. CBS ile anılan bu işlemler daha kısa sürede, daha az iş gücü ve daha düşük maliyete yapılabilmektedir (Aksoy ve Özsoy, 2004).

Jeostatistik ve CBS toprak biliminde uygulanması konusunda Türkiye ve dünyada çok sayıda çalışma yapılmıştır (Reza ve ark., 2017; Banwasi ve ark., 2020; Wang ve ark., 2021; Gangopadhyay ve Reddy, 2022; Akbay ve Günel, 2023; Ağca ve Karakaya, 2023).

Bu çalışmada; Dörtöl Ovası topraklarının makro ve mikro besin element içerikleri saptanmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, bunların alandaki yersel dağılım modellemesi yapılmış ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Dörtöl ovası 36°48'95" - 36°51'29" kuzey enlemleri ile 36°08'45" - 36°10'47" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Alanın doğusunda Amanos Dağları,

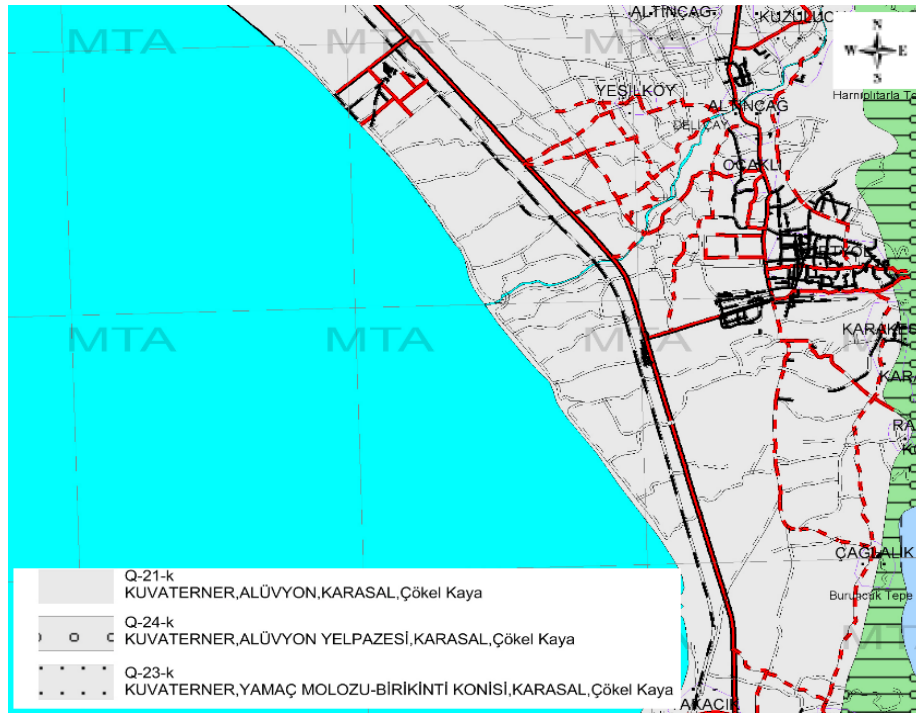
Batısında Akdeniz, Kuzeyinde Erzin ve Güneyinde ise Payas ilçesi bulunmakta olup yaklaşık 4000 hektarlık bir yer kaplamaktadır.

Dörtöl ovasında en fazla yetiştirilen bitki türü turunçgillerdir. Çalışma alanı, Türkiye'de Turunçgil üretimi konusunda en önemli merkezlerinden birisidir. Bunun yanı sıra sulama suyu olanaklarının artması sonucu sebzecilik, pamuk, yerfıstığı ve susam üretimi de giderek yaygınlaşmaktadır (Doyuran, 1982).

Çalışma alanında Akdeniz iklimi hâkimdir. Alanda genel olarak yıllık ortalama yağış toplamı 1161.5 mm, olup yağış rejimi düzensizdir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 18.3°C, ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (32.0°C) olup ortalama en düşük sıcaklık ise Ocak ayında (4.7 °C) belirlenmiştir (Anonim, 2022).

2.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Dörtöl ovasının büyük bir kısmı kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmaktadır. Alüvyonlar genellikle akarsu vadileri, düzlükler ve ova tabanlarında yer alan tutturulmamış çakıl, blok, kum, silt. Kil ve mil materyallinden oluşmuştur (Şekil 1) (Beyazpınar ve Usta, 2018).



Şekil 1. Çalışma alanının jeolojik haritası

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme

Çalışma alanından, alanı temsil edecek şekilde rastgele örnekleme yöntemine göre, 0-30 cm derinlikten 48 farklı noktadan bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Örneklerin alımı sırasında, arazi ve harita gözlemleri ile alanı temsil edecek şekilde, rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Tüm örneklerin alındığı noktaların GPS cihazı (Magellan marka, explorist 710 model) ile coğrafi koordinatları (UTM sistemine göre) saptanmıştır.

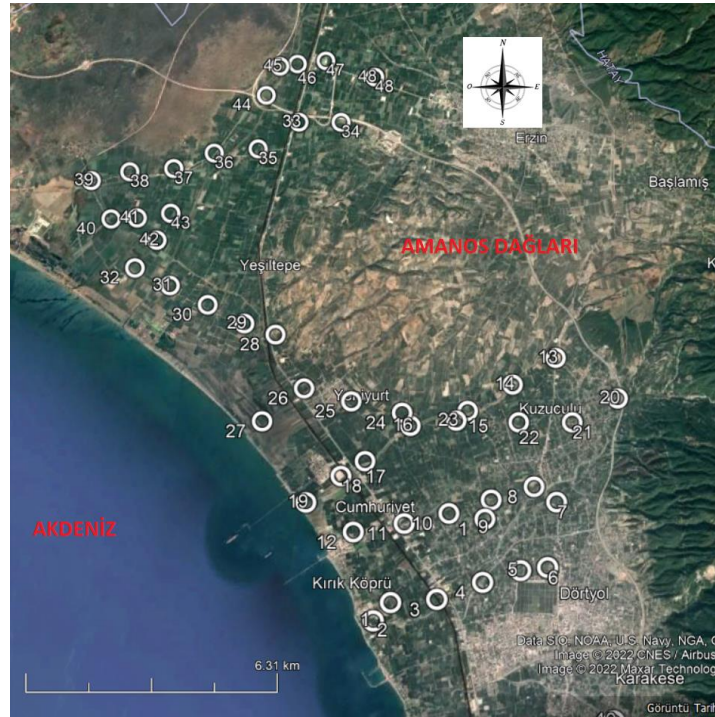
2.2.2. Toprak analizleri

Analizlere hazır hale getirilen toprak örneklerinde; bitkiler tarafından alınabilir Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) analizleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile (Helmke ve Sparks, 1996; Suarez, 1996) ile belirlenmiştir. Bitkilere yarıyışlı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko

(Zn) tayinleri DTPA ekstraksiyon (Lindsay ve Norwell, 1978) yöntemi ile alınabilir fosfor içeriği ise sodyum karbonat ekstraksiyon yöntemi ile (Olsen ve ark., 1954) tayin edilmiştir. Ayrıca toprakların besin element içerikleri; bunların kritik sınır değerleri ile kıyaslanarak yeterlilik durumları yorumlanmıştır.

2.2.3. İstatistiksel ve jeoistatistiksel analizler

Bu çalışmada alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarının ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma gibi tanımlayıcı özellikleri belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermediği, çarpıklık katsayıları ve yapılan normalite testleri yorumlanarak belirlenmiştir (Paz-González ve ark., 2000). İstatistiksel analizlerin yapılmasında Windows uyumlu SPSS 23 istatistik paket programı kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

Young ve ark. (1999)'a göre; toprak değişkenlerinin normal dağılım göstermesi uygulanacak istatistiksel teknikler açısından büyük önem taşımaktadır. Klasik istatistiksel teknikler (örneğin Anova testi), önem testleri ve güven sınırlarının

hesaplanması; dağılımların normal olduğu varsayımı ile yapılmakta ve sonuçların kabulü bu koşullarda sağlanmaktadır. Dağılım normal olmadığında parametrik olmayan testlerin yapılması tavsiye edilmektedir (Gürel, 2020). Bu nedenle,

normalite analizi uygulanarak toprak değişkenlerinin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir (SPSS, 2000). Normalite testine ait sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Toplam 9 adet besin elementinden hiçbirisi normal dağılım göstermemiştir.

Besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesinde, GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket programı kullanılmıştır (Gamma design, 2008). Elementlerin yersel dağılım haritaları ise

bir coğrafi bilgi sistemleri (CBS) programı olan ArcGis (versiyon: 10.6.1) programı ile çizilmiştir (Töreay ve ark., 2010). Bu programda ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Kriging yöntemi yersel olarak birbirleri ile bağımlı olan verilerin tahmin haritalarının oluşturulmasında kullanılabilecek en iyi doğrusal ve yansız bir yöntem olarak bilinmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989; Webster ve Oliver, 2001).

Tablo 1. Toprakların besin element içeriklerine ait normalite test sonuçları (n= 48)

Parametre	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Örnek Sayısı	P	İstatistik	Örnek Sayısı	P+
Na	0.140	48	0.019	0.905	48	0.001
K	0.233	48	0.000	0.512	48	0.000
Ca	0.161	48	0.003	0.911	48	0.002
Mg	0.169	48	0.002	0.913	48	0.002
P	0.218	48	0.000	0.784	48	0.000
Fe	0.087	48	0.200	0.941	48	0.017
Cu	0.242	48	0.000	0.749	48	0.000
Mn	0.164	48	0.002	0.900	48	0.001
Zn	0.118	48	0.094	0.906	48	0.001

* P> 0.05 normal dağılım gösteren veriler, p < 0.05 normal dağılım göstermeyen veriler

Bu çalışmada, nugget yarıvaryansın (Co) toplam varyans (Co+C)’a olan yüzde oranı element içeriklerinin yersel bağımlılıklarının değerlendirilmesinde kriter olarak kullanılmıştır. Cambardella ve ark. (1994)’e göre bu oran % 25 veya daha düşük ise elementlerdeki yersel bağımlılık derecesi kuvvetli, % 25-75 arasında ise orta ve % 75’den büyük ise zayıf olarak değerlendirilmektedir. Element içeriklerinin çalışma alanındaki dağılım düzeyinin (değişkenliğinin) değerlendirilmesinde ise Zhou ve ark. (2010)’un önerdiği kriterler göz önünde tutulmuştur. Buna göre varyasyon katsayısı % 10’dan düşük ise değişkenlik düzeyi düşük, % 10-100 arasında ise değişkenlik düzeyi orta ve % 100’den büyük ise değişkenlik düzeyi yüksektir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların element içerikleri

Toprakların makro ve mikro element

içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Toprakların Na içerikleri 3.07 ile 56.78 mg kg⁻¹ arasında, ortalama ise 22.35 mg kg⁻¹ olarak tayin edilmiştir (Tablo 2).

Toprakların alınabilir K içerikleri 12.18 ile 1563.1 mgkg⁻¹ arasında değişiklik göstermiş, ortalama değer ise 187.30 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Alınabilir K içerikleri, FAO (1990)’ın mg kg⁻¹ olarak belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; K değerlerinin toprakların % 8.33’ünde çok az (< 50), % 41.67’sinde az (50-140), % 43.75’inde yeterli (140-370), % 4.17’sinde fazla (370-1000), %2.08’inde ise çok fazla (>1000) olduğu belirlenmiştir. Erdal ve ark. (2018) tarafından Burdur’da yapılan bir çalışmada da alınabilir K içerikleri konusunda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 2. Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları

Parametre	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)								
EK	3.07	12.18	522.5	473.7	2.40	8.80	0.80	9.40	2.30
EY	56.78	1563.1	4363.3	3278.8	133.60	43.50	23.90	332.20	22.70
Ort.	22.34	187.30	2321.6	1369.6	30.57	21.53	5.10	130.51	8.47
SS	14.81	226.35	877.5	687.0	28.48	8.44	4.40	75.22	5.13
VK	66.29	120.85	37.80	50.16	93.16	39.20	86.44	57.64	60.57
Çar.	0.87	4.97	0.87	0.77	2.01	0.85	2.33	1.15	1.02
Bas.	-0.23	29.89	0.68	-0.29	4.25	0.55	6.62	1.01	0.48

EK: en küçük değer, EY: en yüksek değer, Ort.: ortalama değer, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı, Çar. : çarpıklık katsayısı, Bas. : basıklık katsayısı

Toprakların Ca içerikleri 522.5 ile 4363.3 mg kg⁻¹ arasında ve ortalama ise 2321.60 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Everest ve ark. (2018)'nin yaptıkları çalışmada ise toprakların kalsiyum içerikleri çok daha yüksek bulunmuştur. Bu durum büyük olasılıkla toprakların kireç içeriklerinin farklılığından kaynaklanmıştır. Bu çalışmada elde edilen Ca içerikleri, FAO (1990)'ın mg kg⁻¹ olarak ifade edilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; toprakların % 4.16'sında az (238 - 1150), % 83.33'ünde yeterli (1150 - 3500) ve % 12.5'inde ise fazla (3500 - 10000) olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Mg içeriklerinin 473.7 ile 3278.8 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama ise 1369.62 mg kg⁻¹ olduğu görülmüştür. Topraklarda bitkiye yarıyışlı Mg içerikleri, FAO (1990)'ın mg kg⁻¹ olarak belirtilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; toprakların % 2.08'inde yeterli (160 - 480), % 62.5'inde fazla (480 - 1500) ve % 35.41'inde çok fazla(>1500) olduğu görülmüştür. Erdal ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada da Mg dağılımı ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur.

Topraklardaki P içeriklerinin 2.40 ile 133.60 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, ortalama değer ise 30.03 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Tüm sonuçlar Olsen ve ark. (1954) tarafından mg kg⁻¹ olarak önerilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; P içerikleri toprakların % 2.08'inde çok az (<2.5), % 12.5'inde az (2.5 - 8.0), % 37.5'inde yeterli (8.0 - 25.0), % 39.58'inde fazla (25.0 - 80.0) ve % 8.33'ünde çok fazla (>80.0) olduğu görülmüştür. Erdal ve ark.

(2018) tarafından yapılan bir çalışmada P içeriklerinin toprakların sadece % 3'ünde az olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Fe içeriklerinin 8.8 ile 43.5 mg kg⁻¹ arasında (Tablo 2) değiştiği ve ortalama Fe içeriğinin ise 21.5 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Toprakların Fe içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak belirtilen standart değerlerle karşılaştırıldığında; toprakların % 2.08'inde orta (4.5 - 9.0), % 35.41'inde yeterli (9.0 - 18.0), % 39.58'inde yüksek (18.0 - 27.0) ve % 22.92'sinde çok yüksek (>27.0) düzeyde olduğu saptanmıştır. Özden ve ark. (2020)'nin İzmir'de yapılan çalışmada; toprakların % 90.84'ünde Fe'in yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Çalışma bölgesinde alınabilir Cu içeriklerinin 0.8 ile 23.9 mg kg⁻¹ arasında olduğu (Tablo 2) görülmektedir. Topraklarının ortalama Cu içeriğinin ise 5.1 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak belirlediği sınır değerlere göre, Cu içeriği toprakların; % 2.08'inde orta (0.2 - 0.4), % 35.42'sinde yeterli (0.4 - 0.8), % 39.58'inde yüksek (0.8 - 1.6) ve % 22.92'inde çok yüksek (>1.6) olduğu saptanmıştır. Everest ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada da toprakların tamamında Cu içeriklerinin (> 0.2 mg kg⁻¹) yeterli olduğu saptanmıştır.

Toprakların Mn içerikleri 9.4 ile 332.2 mg kg⁻¹ arasında değişmiş olup, tüm alanın ortalama Mn içeriğinin ise 130.50 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak önerdiği sınır değerlere göre alanın tamamında Mn

içeriğinin yüksek düzeyde (>7.0) olduğu belirlenmiştir. Özden ve ark. (2020)'nin yaptığı bir çalışmada, alınabilir Mn içeriğinin $2.20 - 299.60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve toprakların % 96.61'inde Mn'nin yüksek olduğu saptanmıştır.

Toprakların alınabilir Zn içerikleri 2.3 ile 22.7 mg kg^{-1} arasında değiştiği ve ortalama Zn içeriğinin ise 8.5 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Toprakların Zn içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg^{-1} olarak belirlediği sınır değerlerle kıyaslandığında; toprakların % 4.16'sında yeterli (1.2 – 2.4), % 95.84'ünün ise yüksek (>2.4) düzeyde olduğu görülmüştür. Özden ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, toprakların Zn içeriğinin $0.07 - 19.14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve % 44.42'sinde Zn miktarının orta düzeyde olduğu saptanmıştır.

Topraklardaki besin elementleri arasında varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Ca (% 37.80) olup bunu Fe (%39.20) izlemiştir. En yüksek VK ise potasyum içeriklerinde (% 120.85) belirlenmiştir. Bu durum; çalışma alanında Ca'un en fazla, K'nın ise en az homojen dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Bu durum çarpıklık değerleri ile de ilişkilidir. Herhangi bir toprak özelliğinin çarpıklık değerleri ne kadar küçük ise, çalışma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır.

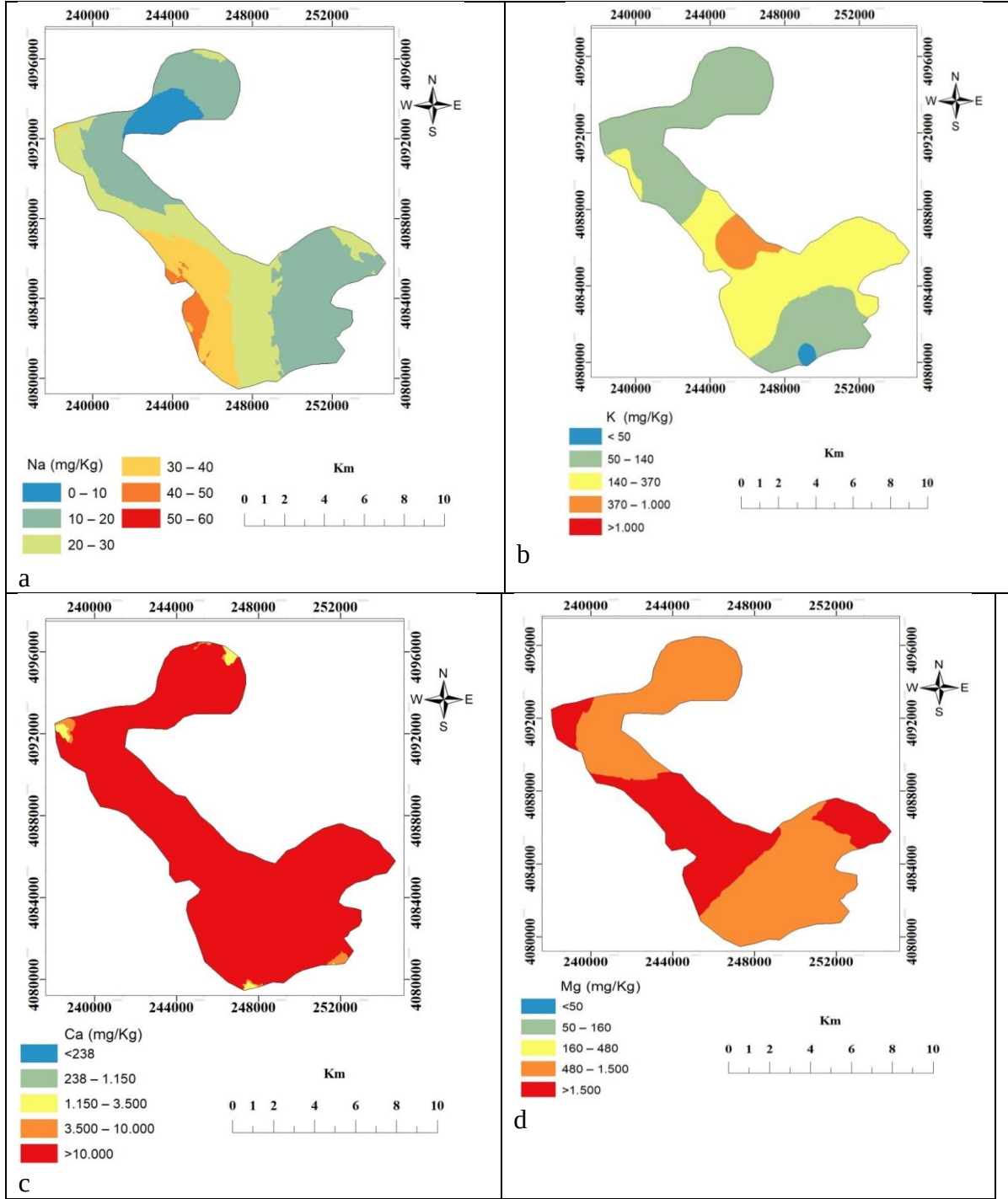
3.2. Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması

Toprakların besin element içerikleri için en uygun yarıvayogram modellerinin belirlenmesi amacıyla, tamamında aktif ayırma uzaklığı 8466 m alınmıştır. Yine toprakların Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri için en uygun yarıvayogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde sırasıyla; 548, 564, 568, 577, 572, 564, 550, 573 ve 573 m olarak alınmıştır.

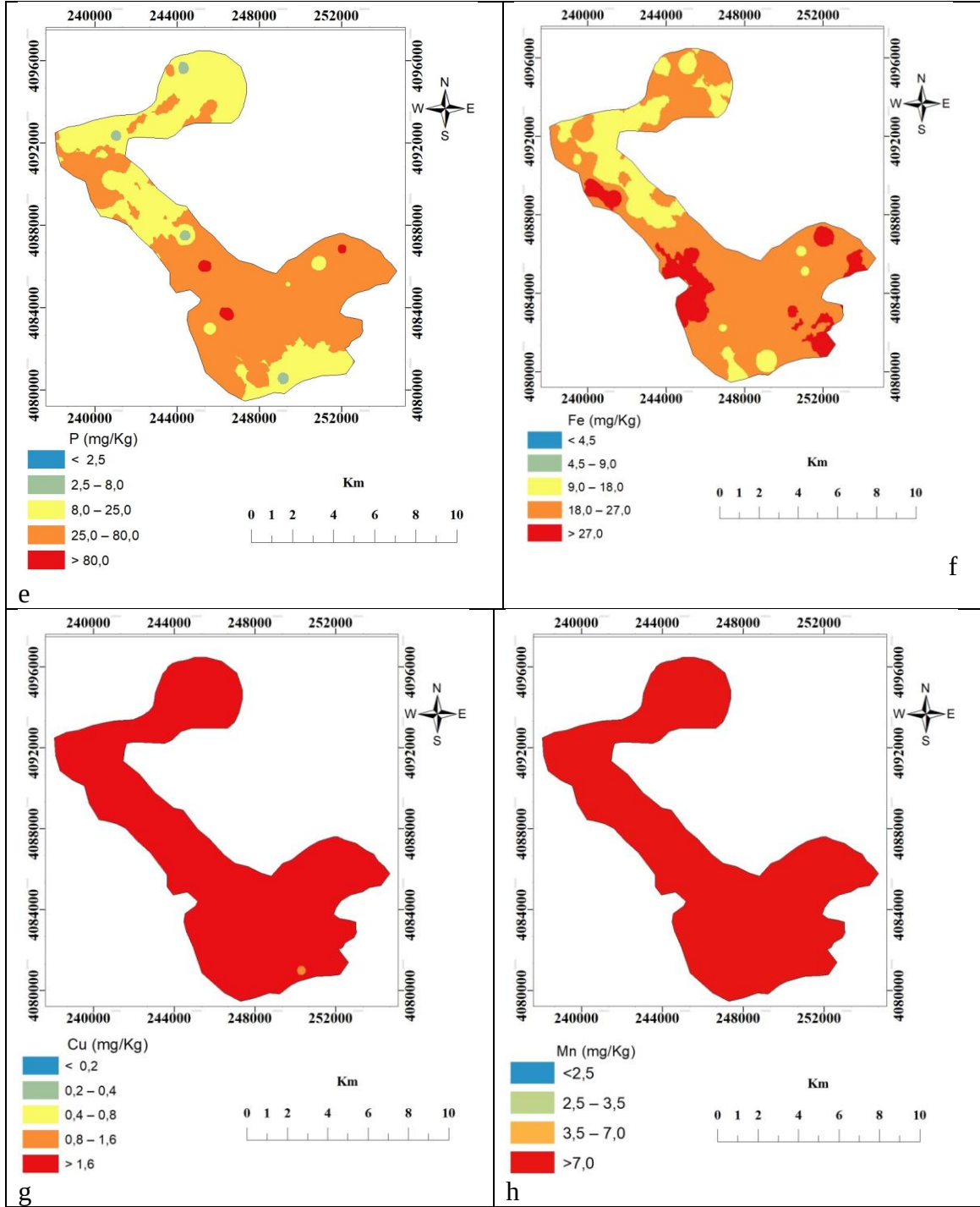
Bütün elementler için en uygun yarıvayogram modelini oluşturmak amacıyla tüm veriler değerlendirmeye alınmışlardır. Toprakların tüm element içeriklerine ait verilerin çarpıklık değerlerinin yüksek ve oldukça yüksek ($0.85 - 4.97$) (Tablo 2) bulunmuş ve normalite testlerinde normal dağılım göstermemiştir (Tablo 1). Bu nedenle; önce Ca ve Mn değerlerine karekök, diğer element içeriklerine ait verilere ise logaritmik dönüşüm uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmış, daha sonra jeostatistiksel modellemeler uygulanarak verilerin yarıvayogram parametreleri elde edilmiştir. Toprakların besin element içeriklerine ait yarıvayogram parametreleri Tablo 3'de, yersel dağılım haritaları ise Şekil 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Toprakların besin element içeriklerine ait yarıvayogram parametreleri

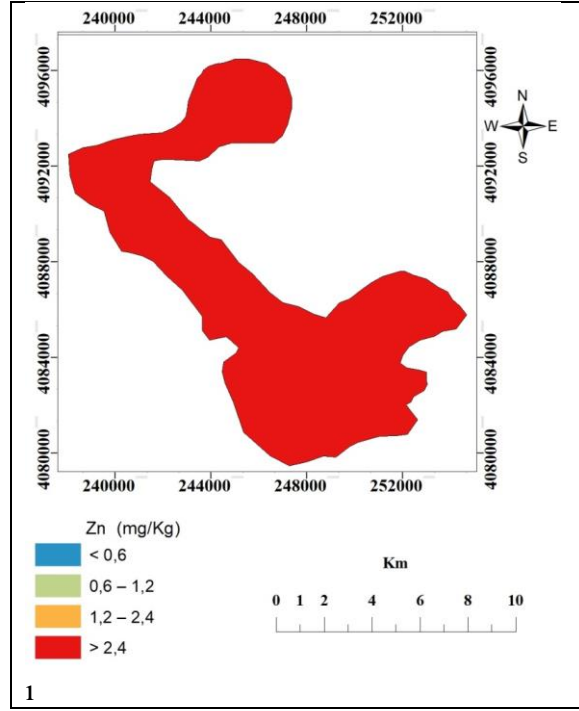
Element	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/(C_0+C)*100$	r^2
Na	Gaussian	15870	0.334	2.4980	13.37	0.730
K	Küresel	7340	0.180	0.9040	19.91	0.747
Ca	Gaussian	5300	52.00	127.90	40.65	0.770
Mg	Gaussian	7610	0.171	0.4910	34.82	0.712
P	Üssel	18600	3.800	13.609	27.92	0.490
Fe	Gaussian	710	0.0001	0.1562	0.06	0.530
Cu	Doğrusal	7978	0.465	0.4647	100.00	0.600
Mn	Üssel	3100	2.830	10.27	27.55	0.796
Zn	Üssel	573	0.001	0.4170	0.24	0.796



Şekil 3. Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları



Şekil 3. (Devamı) Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları



Şekil 3. (Devamı) Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları

Her bir toprak özelliği ve besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Na içerikleri

Gaussian, Na içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli olarak belirlenmiş, A_0 değeri 15870 m olarak hesaplanmış, yersel bağımlılığın ise orta düzeyde olduğu saptanmıştır.

Çalışma alanındaki toprakların Na içerikleri; orta ve güney kesimlerde yüksek, doğu, kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde ise düşüktür. Toprakların Na içeriğinin ağırlıklı olarak % 10 ile % 40 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3a). Turan ve ark. (2010) Bursa ilinde yaptıkları araştırmada toprakların değişebilir sodyum içeriklerinin $0.08 - 1.74 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte ve ortalama değerin ise 0.35 mg kg^{-1} olduğunu belirlemişlerdir. Başaran ve Okant (2005) ise Çankırı Eldivan topraklarında yaptıkları araştırmada Na'un topraklarda yeterli düzeyde olduğunu saptamışlardır.

3.2.2. K içerikleri

Küresel (Spherical) model toprakların K değerleri için en uygun yarivariyogram modeli olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Benzer şekilde, Sharma ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada da alınabilir K için en uygun yarivariyogram modeli Küresel model olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2021)'nin çalışmasında ise K için en uygun yarivariyogram model olarak Exponential model belirlenmiştir.

Toprakların K değerlerine ait A_0 değeri 7430 m olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Toprakların K içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Benzer şekilde; Wang ve ark. (2021) Güney Çin'in kuzeyindeki Guangdong eyaletinde yaptıkları çalışmada ve Bogunovic ve ark. (2021) Hindistan'da yaptığı çalışmada da alınabilir K içeriğinin yersel bağımlılığını kuvvetli bulmuşlardır. Aksine, Reza ve ark. (2012) tarafından, Assam'ın Goalpara bölgesinde yapılan çalışmada ise; toprakların alınabilir K değerlerinin yersel bağımlılık düzeylerinin zayıf olduğu belirlenmiştir.

Topraklarının K içeriklerinin dağılım haritası incelendiğinde; K içeriğinin güney kısmındaki küçük bir alanda çok az, kuzey ve güneyinde az, orta ve doğu kesimlerinde yeterli, orta kesimin bir bölümünde ise fazla miktarda olduğu görülmektedir (Şekil 3b).

Ateş ve Turan, (2015) Bingöl ili Merkez ilçe topraklarının alınabilir K içeriklerinin alanın büyük bir kısmında yüksek bulmuşlardır.

3.2.3. Ca içerikleri

Toprakların Ca içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Benzer şekilde, Sharma ve Sood (2020) da Hindistan'ın Himachal Prades ilçesi Kinnaur bloğunda yaptıkları çalışmada en iyi yarıvaryogram modelini Gaussian olarak bulmuşlardır.

Toprakların Ca konsantrasyonları için A0 değeri 5300 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, Sharma ve Sood (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprakların Ca miktarlarının zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır.

Çalışma alanı topraklarının Ca içeriklerinin dağılım haritası incelendiğinde, hemen hemen tamamında Ca miktarının çok fazla olduğu; sadece kuzeydoğu, kuzeybatı ve güneybatı kısımlarındaki küçük alanlarda yeterli, güneydoğu ve kuzeybatı kesimlerindeki birkaç küçük alanda ise fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3c).

3.2.4. Mg içerikleri

Gaussian model toprakların Mg miktarları için en uygun yarıvaryogram modeli olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018)'nin Etiyopya'da yaptıkları çalışmalarında ise, Mg için en uygun yarıvaryogram modelinin Exponential olduğu saptanmıştır.

Toprakların Mg veri seti için A0 değeri 7610 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Toprakların Mg değerleri orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Sharma ve Sood (2020) ise, yaptıkları çalışmada Mg değerlerinin için yersel bağımlılık düzeyinin zayıf olduğu tespit edilmişlerdir. Alandaki toprakların Mg içeriği incelendiğinde; kuzey ve güneydoğu kesimlerinde fazla, kuzeybatı, doğu, orta ve batı kesimlerinde ise çok fazla düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 3d).

3.2.5. P içerikleri

Üssel (Exponential) model toprak fosforu için en uygun yarıvaryogram model olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Sharma ve ark. (2020), Sharma ve Sood (2020) ve Wang ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda; P için en uygun yarıvaryogram modelinin Küresel olduğunu tespit etmişlerdir.

Toprakların P içerikleri için A0 değeri 18600 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta düzeyde olduğu görülmüştür (Tablo 3). Akbaş (2012) tarafından Tokat Kazova'da yaptığı çalışmasında benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çalışma alanındaki toprakların alınabilir P içerikleri bakımından dağınık vaziyette olduğu saptanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların P içerikleri küçük birkaç noktada az, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde yeterli, kuzeybatı, güneydoğunun bazı kesimlerinde ve ortalara doğru yeterli ve haritada dağınık olan birkaç noktada ise çok fazla düzeydedir (Şekil 3e).

3.2.6. Fe içerikleri

Toprakların Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) tarafından Etiyopya'da yapılan bir çalışmada topraklardaki Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel olarak belirlenmiştir.

Toprakların Fe değerleri için A0 değeri 710 m olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların Fe değerleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) ise, Etiyopya'daki çalışmalarında Fe değerlerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlemişlerdir.

Araştırma alanının içerisindeki toprakların alınabilir Fe dağılımı incelendiğinde; dağılım dağınık olmakla birlikte, kuzeybatı ve güney kesimlerinde yeterli; güneydoğu orta, kuzeydoğu ve kuzey batı kesimlerinde yüksek; güneydoğuda bölümünde ise çok yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 3f).

3.2.7. Cu içerikleri

Toprakların Cu içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli Doğrusal (Linear) olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) ise, araştırmalarında Cu için en uygun yarivariyogram modelini Küresel olarak saptamışlardır.

Toprakların Cu değerleri için A0 değeri 7978 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Toprakların Cu değerlerinin zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Sharma ve ark. (2020), Hindistan'ın Maharashtra, Yavatma ilçesinin Kelapur Bloğunda yapılan çalışmada Cu içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) ise, çalışmasında Cu için kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık belirlemişlerdir.

Araştırma alanındaki toprakların Cu içeriğinin dağılımı incelendiğinde, hemen hemen tamamının çok yüksek, sadece güneydoğu kısmında küçük bir alanda ise yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3g). Çetin ve Eraslan (2015), Dinar'da yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.8. Mn içerikleri

Toprakların Mn değerleri için en uygun yarivariyogram modeli Üssel olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Sharma ve ark. (2020) da yaptıkları bir çalışmada, alınabilir Mn için en uygun yarivariyogram modelini Üssel olarak bulmuşlardır.

Toprakların Mn konsantrasyonları için A₀ değeri 3100 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Hani ve ark. (2014) Ahwaz topraklarında ve Foroughifar ve ark. (2013) İran Tebriz'deki topraklarda da Mn içeriği için orta düzeyde yersel bağımlılık tespit etmişlerdir.

Araştırma alanındaki toprakların Mn içeriklerinin dağılımı incelendiğinde, tüm alanın yüksek düzeyde Mn içerdiği görülmektedir (Şekil 3h). Taşova ve Akın (2019) ise İç Anadolu Bölgesinde yaptıkları çalışmada; topraklarının büyük kısmında yarayıklı mangan içeriklerinin az ve çok az

olduğunu tespit etmişlerdir.

3.2.9. Zn içerikleri

Toprakların Zn içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) çalışmalarında Zn için en uygun yarivariyogram modelini Üssel, Reza ve ark. (2017) ise Spherical olarak belirlemişlerdir.

Toprakların Zn içerikleri için A0 değeri 1810 m, yersel bağımlılık düzeyi ise kuvvetli olarak belirlenmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) Zn içeriklerini kuvvetli, Reza ve ark. (2017) ise Hindistan'da yaptıkları araştırmada orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptamışlardır.

Çalışma alanındaki topraklarının tamamının yüksek düzeyde Zn içerdiği belirlenmiştir (Şekil 3i). Özden ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada; toprakların yaklaşık yarısında Zn'nin orta düzeyde olduğunu saptamışlardır. Bellitürk (2011) tarafından Uzunköprü (Edirne) ilçesinde yapılan bir çalışmada, asit karakterli topraklarının Zn içerikleri ortalama 1.01 ppm olduğunu tespit etmiş olup, Zn'nun yetersiz düzeylerde olduğunu ortaya çıkarmıştır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; Dört Yol Ovası topraklarının bazı besin element içerikleri belirlenerek bunların alandaki yersel dağılım modelleri yapılmış ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Besin elementlerinin varyasyon katsayılarına göre; K hariç diğer elementlerin dağılımı orta düzeyde homojen olduğu; K'nın ise oldukça heterojen dağıldığını göstermektedir. Bu durum büyük olasılıkla çalışma alanındaki ana materyalin alüviyal kökenli olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi, alüviyal ana materyaller üzerinde gelişen topraklarda değişkenlik oldukça fazladır. Zira bu materyaller çalışma alanına sularla çok farklı yerlerden taşınarak getirilmişlerdir.

Çalışma alanının kuzey, batı ve güney bölümlerinde yetersiz düzeydedir. Bu

alanlarda K'lı gübre uygulanması gerekir. Çalışma alanının çok az bir kısmında P yetersiz düzeydedir. Diğer kısımlarda yeterli ve bazı yerlerde yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durum, yoğun olarak Turunçgil üretimi yapılan alanda, fazla miktarda fosforlu gübre uygulandığını göstermektedir. Toprakların tamamına yakın kısmında Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn elementleri yeterli düzeydedir. Dolayısıyla bu elementleri içeren gübre uygulamasına gerek duyulmayabilir. Ancak, bu durumun daha detaylı çalışmalarla doğrulanması gerekir.

jeostatistikte A_0 (range) değeri; herhangi bir değişken için uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum mesafeyi belirtmektedir. Diğer bir deyişle, herhangi bir parametre için A_0 değerinden sonraki uzaklıklarda noktalar arasında herhangi bir yersel (uzaysal) bağımlılık bulunmamaktadır. Dolayısıyla A_0 değeri aynı zamanda örnekleme uzaklığını da belirlemektedir. Çalışma alanındaki toprakların A_0 değerleri 710 m (Fe için) ile 18600 m (P için) m gibi çok geniş sınırlar arasında değişmektedir. Bu alanda bundan sonra yapılacak benzer konulardaki çalışmalarda, parametrelerin A_0 değerleri dikkate alınarak, bu parametrelerin A_0 değerleri gruplandırılmalı ve iki veya üç farklı örnekleme uzaklığı belirlenmelidir.

Bu çalışma sonuçları, alanda daha sonra yapılacak olan gübreleme ile ilgili çalışmalar için önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışma sonuçları Türkiye Toprak Veri tabanı çalışmalarına da önemli katkılar sağlayacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKU) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 20.YL.038). Yazalar maddi destekleri nedeniyle HMKU BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

Açıklama

Bu çalışma, Emine Derya AŞKİNER'in Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Ağca, N., Karakaya, Y., 2023. Sarıseki-Dörtöl Bölgesinde yer alan toprakların bazı besin element içeriklerinin yersel dağılımının jeostatistiksel yöntemlerle modellenmesi ve haritalanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(1): 26 – 37.
- Akbaş, F., 2012. Tokat topraklarının yarıyışlı fosfor düzeyinin jeostatistik tahmin ve simülasyon metotlarıyla modellenmesi ve haritalanması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 63-76.
- Akbaş, O., Günel, H., 2023. Ergani ovasında bazı toprak özelliklerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde lokal polinomal interpolasyon ve deneysel bayesyen kriging yöntemlerinin karşılaştırılması, *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(4): 654–668.
- Aksoy, E., Özsoy, G., 2004. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi yerleşkesi arazilerinde arazi kullanım haritalaması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 57-68.
- Anonim, 2022. Hatay ili iklim verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Banwasi, R., S.K., Singh, S.K., Kumar, N., Sahu, K.K., 2020. Assessing the accuracy of geostatistical techniques for mapping soil macronutrients on basaltic landscape of central India. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1): 1014-101.

- Başaran, M., Okant, M., 2005. Bazı toprak özelliklerinin Eldivan yöresinde yetiştirilen kirazların beslenme durumu üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2): 115-119.
- Bellitürk, K., 2011. Edirne ili Uzunköprü ilçesi tarım topraklarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 8-15.
- Beyazpirinç, M., Ustu, D., 2018. Türkiye Jeoloji haritaları serisi. Antakya-O36 paftası. No: 267. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi. Ankara, 29 S.
- Bogunovic, I., Filipovic, L., Filipovic, V., Pereira, P., 2021. Spatial mapping of soil chemical properties using multivariate geostatistics. A study from cropland in eastern Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1): 201-210.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Novak, J.M., Turco, R. F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America*, 58: 1501-1511.
- Cüre, B., 2023. Mustafakemalpaşa ovası (Bursa) toprakları bor içeriğinin CBS içinde konumsal analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Çetin, E., Eraslan, F., 2015. Afyonkarahisar ili Dinar ilçesi patates ekim alanlarında toprakların verimliliği ve bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (2):135-145.
- Doyuran, V., 1982. Erzin ve Dörtöyl ovalarının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25: 151 – 160.
- Erdal, İ., Doğan, A., 2018. Burdur ili tahıl yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (1): 39-45.
- Everest, T., Özcan, H., 2018. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde pedo-jeolojik yaklaşım. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 589-603.
- FAO, 1990. Micronutrient, assesment at the country level. An international Study (Ed: M. Sillanpaa). FAO Soils Bulletin 63. Published by FAO. 128 p. Roma, Italy.
- Foroughifar, H., Jafarzadeh, A.A., Torabı, H., Pakpour, A., Miransar, M., 2013. Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrient. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:1273–1281.
- Gamma Design, 2008. Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell, Michigan USA.
- Gangopadhyay, S.K., Reddy, G.P.O., 2022. Spatial variability of soil nutrients under the rice-fallow system of eastern India using geostatistics and geographic information system. *Journal of Soil and Water Conservation*, 21(1): 55-66.
- Gürel, F., 2020. Uludağ göknarı ve uludağ göknarı-sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Hani, A., Sinaei, N., Gholami, A., 2014. Spatial variability of heavy metals in the soils of Ahwaz using geostatistical Methods. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(3): 294-298.
- Helmke, P.A., Sparks, D.L., 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. (D.L. Sparks, Editor). Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 551-574. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Isaaks, H.E., Srivastava, R.M., 1989. Applied geostatistics. Oxford University press, Inc. 561p.

- Laekemariam, F., Kibret, K., Mamo, T., Shiferaw, H., 2018. Accounting spatial variability of soil properties and mapping fertilizer types using geostatistics in Southern Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49 (1): 124-137.
- Libutti, A., Montelone, M., 2017. Soil vs. groundwater: The quality dilemma. Managing nitrogenleaching and salinity control under irrigated agriculture in Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 186: 40–50.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America*, 42: 421–428.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction sodium bicarbonate. 19 p. Washington, USDA.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö., Metinoğlu, F., 2020. İzmir ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikroelement kapsamlarının belirlenerek haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı: 31- 40.
- Paz-González, A., Vieira, S.R., Castro, M.T.T., 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma*, 97: 273-292.
- Reza, S.K., Baruah, U., Sarkar, D., 2012. Spatial variability of soil properties in brahmaputra plains of North-eastern India: A Geostatistical Approach. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 60(2): 108-115.
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Chattopadhyaya, T.S., Mukhopadhyaya, S., Singh, S.K., Srinivasan, R., 2016. Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: a geostatistical approach. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(7): 972-981.
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Mukhopadhyaya, S., Chattopadhyaya, T., Singh, S.K., 2017. Characterizing spatial variability of soil properties in alluvial soils of India using geostatistics and geographical information system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(11): 1489–1498.
- SPSS, 2000. SPSS for windows. Student Version. Release 10.0.9 Spss Inc IL U.S.A
- Sharma, R., Sood, K., 2020. Characterization of Spatial Variability of Soil Parameters in Apple Orchards of Himalayan Region Using Geostatistical Analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1744637. (Published online: 24 Mar 2020).
- Suarez, D.L., 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. (Ed: D.L. Sparks). *Methods of Soil Analysis*, part:3, Chemical methods. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 575-602. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Taşova, H., Akın, A., 2019. İç Anadolu Bölgesi topraklarının bazı verimlilik parametrelerinin belirlenerek haritalanması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32 (Özel Sayı):1-6.
- Töreyen, G., Özdemir, İ., Kurt, T., 2010. ArcGIS 10 desktop uygulama dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 s. Ankara.
- Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G., Taban, S., 2010. Bursa İli alüvyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (1): 115-130.
- Wang R., Zou, R., Liu, J., Liu, L., Hu, Y., 2021. Spatial distribution of soil nutrients in farmland in a Hilly Region of the Pearl River Delta in China based on geostatistics and the inverse distance weighting method. *Agriculture*, 11:50.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. *Geostatistics for environmental scientists*. Chichester: John Wiley & Sons.

Young, F.J., Hammer, R.D., Larsen, D. 1999. Frequency distribution of soil properties on a loess-mantled missouri watershed. *Soil Science Society of America*, (63):1640-1646.

Zhou, H.H., Chen, Y.N., Li, W.H., 2010. Soil properties and their spatial patterninan oasis on the tarim river, northwest China. *Agricultural Water Management*, 97(11):1915-1922.

Atıf Şekli: Ağca, N., Aşkner, E.D., 2024. Dörtıol Ovası Topraklarında Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 331–346.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11671592>.

To Cite: Ağca, N., Aşkner, E.D., 2024. Determination of Spatial Distribution of Some Nutrient Element Contents in Dörtıol Plain Soils. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 331–346.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11671592>.

Yenilebilir Mantarlar ve Et İkamesi Olarak Kullanım Olanakları

Gürcü Aybige ÇAKMAK ^{1*}

¹ Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

*Sorumlu yazar (Corresponding author): aybigecakmak@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 20.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Mantarlar glikoproteinler, polisakkaritler, terpenoidler, steroidler, fenoller, nükleotidler ve bunların türevleri olan çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyen birçok biyoaktif bileşikler bünyesinde barındırır. Yenilebilir mantarlar, insanlar tarafından tüketilebilen, şekil bakımından çeşitlilik gösteren, yenilebilir ve tıbbi değeri olan mantarların bir sınıfıdır. Yenilebilir makro mantarlar (büyük mantarlar) protein ve diğer besinler açısından zengindir ve yetiştirilmesi için büyük arazler gerektirmez, bu da onları et analoglarının üretimi için ideal bir hammadde haline getirir. İlave olarak lezzet veren maddeler açısından zengindirler ve alerjenler açısından hayvan eti ve bitki bazlı et analoglarına karşı avantajlara sahiptirler. Bu nedenle yenilebilir makro mantarlar et analogları yapımı için oldukça uygundur. Misel mantarlar ise nesillerdir gıda, gıda bileşenleri (örn. sitrik asit, sirke), yem, enzimler, farmasötikler, nutrasötikler ve daha fazlasının üretiminde yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır. Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makro mantarlar, misel mantarlar, et ikamesi

Edible Mushrooms and Utilisation as Meat Analogues

Abstract

Mushrooms contain many bioactive compounds that exhibit various biological activities, including glycoproteins, polysaccharides, terpenoids, steroids, phenols, nucleotides and their derivatives. Edible mushrooms are a class of edible and medicinal mushrooms that can be consumed by humans, vary in shape, and have medicinal value. Edible macrofungi (large mushrooms) are rich in protein and other nutrients and do not require large land areas for cultivation, making them an ideal raw material for the production of meat analogues. Additionally, they are rich in flavoring substances and have advantages over animal meat and plant-based meat analogues in terms of allergens. Therefore, edible macrofungi are quite suitable for making meat analogues. Mycelial fungi have been grown and used for generations in the production of food, food ingredients (e.g. citric acid, vinegar), feed, enzymes, pharmaceuticals, nutraceuticals and more. Recently, a movement has emerged to develop meat-like products from fungal mycelium grown in fermenters rather than solid fruiting bodies.

Keywords: Macro fungi, mycelial fungi, meat substitute

1. Giriş

Et, besleyici özellikleri ve beğenilen tadıyla en kaliteli protein kaynağı olarak kabul edilir. Et proteinlerinin rolü iki yönlüdür. Bir yandan et proteinleri, insan vücuduna çok benzeyen tüm temel amino asitleri içerir ki bu onları son derece besleyici kılar. Öte yandan et proteinleri belirli gıda endüstrisine işlevler kazandırarak büyük katkı sağlar. Görünüm, doku ve ağızda bıraktığı his de dahil olmak üzere et ve et ürünlerinin genel özellikleri içerdikleri proteinlerin işlevselliğine bağlıdır (Asgar ve ark., 2010). Ancak sağlık açısından bakıldığında et ürünlerinin aşırı tüketimi, özellikle belirli nüfus grupları için, önemli miktarda yağ içeriğinden dolayı tavsiye edilemez. Etin kolesterol içerdiği ve çoklu doymamış yağ asitlerinden daha yüksek oranda doymuş yağ asitleri içerdiği iyi bilinmektedir (Jimenez-Colmenero, 2007).

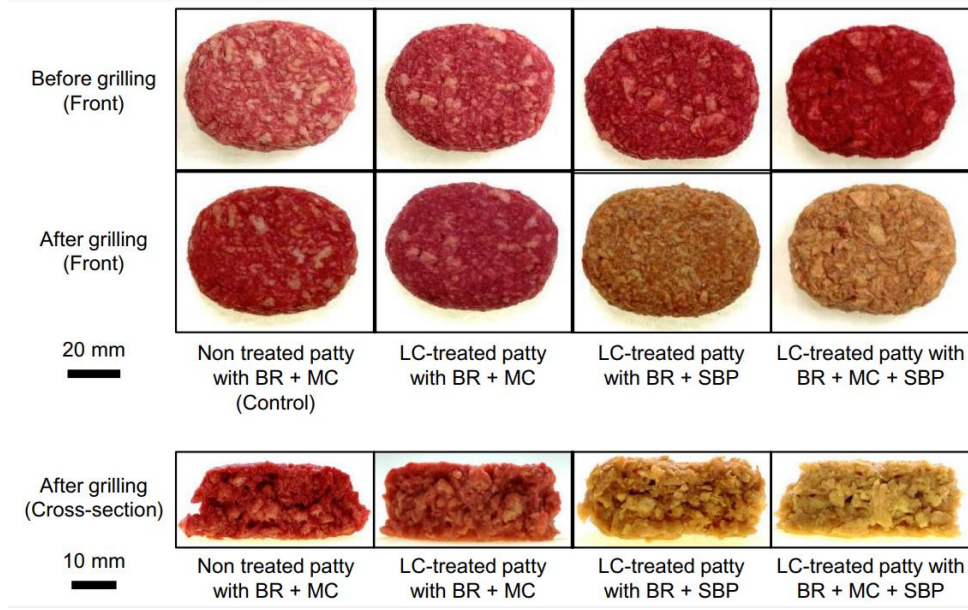
Gıda ürünlerinde et dışı protein tüketimi, hayvan hastalıkları, daha sağlıklı gıdalar, sağlıklı ve dini gıdalara olan güçlü talep ve ekonomik nedenlerden dolayı son yıllarda geçtikçe artmaktadır (Joshi ve Kumar, 2015).

2. Et analogları

Et analogları, hayvansal kökenli olmayan proteinlerden hazırlanan ve tipik etli dokuya, tada ve görünüme sahip gıda ürünleridir (Sharma ve ark., 2022). Et analogu, belirli et türlerinin estetik niteliklerine ve/veya kimyasal özelliklerine yakın olan bir gıda ürünüdür. Bunlar hayvansal olmayan proteinlerden yapılı ve

görünümü ve kokusu ete çok benzer. Bu tür gıdalar, maliyet avantajları, arzadaki mevsimsel dalgalanmalardan daha az etkilenmesi nedeniyle nispeten istikrarlı fiyatları, daha uzun raf ömrü ve daha kolay saklanması nedeniyle işleme endüstrisi için caziptir. Et analogu terimi çoğunlukla bükülmüş protein filamentlerine dayalı ürünler için kullanılmasına rağmen, aynı zamanda dokulu bitkisel proteinler (TVP'ler) gibi diğer birçok genelleştirilmiş ürünü de içerir. Et analogları, bitkisel proteinlerin ve geleneksel olmayan proteinlerin dahil edilebileceği en uygun formlardan biridir ve bunun altında yatan itici güç, insan gıdası için daha geniş bir protein yelpazesinin kullanılmasıdır. Et analoglarının hazırlanması sırasında kullanılacak temel bileşenler şunlardır: 1) Soya proteini 2) Mantar 3) Buğday gluteni 4) Yumurta akı 5) Karbonhidratlar 6) Aroma verici ve diğer çeşitli bileşikler (Kumar ve ark., 2017).

Tekstüre bitkisel protein (TVP), yirminci yüzyılın ortalarında işlenen, yağı alınmış soya küspesi, soya protein konsantreleri veya buğday gluteni kullanılarak ekstrüzyon yoluyla hazırlanan ve et alternatifleri olarak ortaya çıkan ilk et analoglarıydı. Sebzeler, baklagiller, tahıllar, yağlar, baklagiller ve mantarlardan elde edilen bitki bazlı et taklitleri, çiftlik hayvanlarından elde edilen geleneksel ete benzer besinsel ve duyuşal özellikleri (lifli doku, lezzet, görünüm) nedeniyle büyük bir genişlemeye tanık olmuştur (Sharma ve ark., 2022).



Şekil 1. Et analog köftelerin ızgaralama işlemi öncesi ve sonrası dış ve iç görünümü (üst dört sıra ızgaralama öncesi; orta dört sıra ızgaralama sonrası yüzey; alt dört sıra ızgaralama sonrası içi gösteren kesit) (BR= pancar kırmızısı pigmenti; MC=metilselüloz; SBP=şeker pancarı pektini; LC=lakkaz) (Sakai ve ark., 2022).

Hayvansal kökenli olmayan protein ürünlerinin evrimi üç ana tiptedir: et genişletici, et analogları ve etle ilgisi olmayan tamamen yeni protein ürünleri. Et analogları giderek artan sayıda protein kaynağından elde edilebilmektedir. Bitkisel proteinler şu anda et analogları için ana malzeme kaynağıdır; örneğin buğday gluteni ve yerfıstığı, pamuk tohumu, susam, maya ve soya fasulyesi globulinleri. Et analoglarının hazırlanmasında kullanılan ana bileşenler soya proteini, baklagiller, sert kabuklu yemişler, tahıl proteinleri, sebzeler, mikoproteinlerdir ancak daha geniş tüketici seçenekleri, et analoglarına daha yeni bileşenlerin dahil edilmesiyle sonuçlanmıştır. Ancak şu anda üretimin büyük kısmı, hala en ucuz protein hammaddesi kaynağı olan soya fasulyesine dayanır. Et analogları yüksek biyolojik değere sahip proteine sahip olacak şekilde üretilebilir ve bitki proteinine dayalı monoton bir diyeti zenginleştirebilir. Bitkisel proteinler et analogları için ana malzeme kaynağı olmasına rağmen algler, maya, mantar ve bakteriler yakın gelecekte bunları yoğun olarak tamamlayacaklardır çünkü tarla gerektirmezler ve tüketicinin

damak tadına çok iyi uyum sağlarlar (Kumar ve ark., 2017).

3. Aroma vericiler ve diğer bileşenler

Aroma, ürünlerin kabul edilebilirliğini belirleyen önemli bir duyuşal özelliktir. Bir et analogunun etli bir tada sahip olması gerekir. Yapay etli tatlar geliştirmek için pek çok araştırma çalışması devam etmektedir. Et analoglarının lezzetini güçlendirmek ve protein ürünlerinin istenmeyen kokusu değiştirmek için kimyasal çeşnilerin, glutamik asit basit şekerler, amino asitler, 5-nükleotidler, glikoproteinler, monosodyum glutamat yağ, tuz, kükürt içeren amino asitler, mantar aroması, monosodyum glutamatın, soğan aroması, suda çözünür bir linoleik asit, peynir altı suyu proteini, ksantan sakızı lifleri, yumurta akı, kazein, sodyum kazeinat (sodyum, kalsiyum, potasyum ve magnezyum kazeinat gibi), rafine buğday unu, tatlandırıcılar, sitrik asit, kırmızı pancar vb girdiler kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2017).

4. Mantar proteini

Mantarların gıda kaynağı olarak kullanımı kayıtlı tarihten önceye

dayanmaktadır. Bunlar ağırlıklı olarak süpermarket raflarından ve yiyecek arama gezilerinden elde edilen mantarlardır. Bu mantarların meyve veren gövdeleri çok çeşitli tat ve dokulara sahiptir ve bunlardan bazıları ete çok benzer olarak kabul edilir, örneğin "Ormanın Tavuğu" (*Laetiporus sulphurous*) ve "Biftek mantarı" (*Fistulina hepatica*) (Meyer ve ark., 2020). İnsan uygarlıklarının hızlı büyümesi, besinsel özellikleri artan ve çevresel ayak izlerini azaltan yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi yönünde kaçınılmaz baskılara yol açmıştır.

Mantarlar, formları mikroskobik, tek hücreli mayalardan makroskobik çok hücreli mantarlara kadar değişen heterotrofik ökaryotlardan oluşur. Mantarların bazı ortak özellikleri arasında β -glukan ve kitinden oluşan hücre duvarı, lisin biyosentezi için aminoadipidik yolun varlığı ve düzleştirilmiş mitokondriyal kristallerin varlığı yer alır. Protein üretiminde kullanılan teknoloji mantarın morfolojisine bağlıdır. Mayalar tercihen "batık fermantasyon" teknolojisi kullanılarak yetiştirilirken, filamentli mantarların metabolizması daha geniş bir değer aralığı için ortamın nem içeriğinden daha az etkilendiğinden küfler ve mantarlar katı hal fermantasyon sistemlerinde yetiştirilebilir. Şeffaflık Piyasası Araştırması'na göre et ikamelerinin küresel piyasa değerinin 2021 yılında 168 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Vejetaryen ve vegan beslenmenin yanı sıra hayvansal ürünleri içermeyen diyetlerin artan popüleritesine bağlı olarak, bu pazarın önümüzdeki 10 yıl içinde % 10 yıllık bileşik büyüme oranıyla (CAGR) büyüyerek 2031 yılında 434 milyar ABD dolarını aşması beklenmektedir (Souza Filho, 2022).

Makro mantarlar, genellikle yemek için topladığımız veya gördüğümüz büyük mantarlardır. Bunlar, şapka ve sap gibi belirgin yapıları olan ve çoğunlukla gözle görülebilen mantarlardır. Misel mantar, mantarların yeraltı ağıdır ve besin taşıma sistemi gibi işlev görür. Mycoprotein, *Fusarium venenatum* mantarından türetilen protein açısından zengin bir gıdadır. Bu,

besin maddeleri ile fermente edilen ve ardından genellikle ısı işlemi gören ve merkezkaçla ayrılan mantar miselyumundan elde edilir. İpliksi mantarlar yüzyıllardır birçok ülkede fermente gıdalar şeklinde tüketilmektedir. Örneğin, filamentli mantarlar tarafından fermente edilmiş bir soya fasulyesi olan tempe, Endonezya'daki temel protein kaynağıdır. Filamentli mantarların saf biyokütlesi, umut verici bir et ikame maddesi olarak olumlu tepkiler almıştır ve şu anda piyasada ürünleri olan birçok şirket mevcuttur. Filamentli mantarlar, önemli ölçüde daha düşük toprak ve su kullanımı gereksinimi ile çeşitli hayvansal bazlı gıdalarla benzer protein kalitesine sahiptir; dolayısıyla daha çevre dostu bir protein olarak değerlendirilebilir. Ayrıca filamentli mantarlar çok çeşitli substratlarda büyüeyebilir, böylece organik atıkları zengin ve çeşitli değerli ürünlere dönüştürmelerine olanak tanır (Wikandari ve ark., 2023).

Mantar proteininin bitkisel ve bakteriyel proteinlere göre tercih avantajları şu şekilde özetlenebilir: Mantar proteininin mantar aroması, dokulu soya proteininin fasulye aromasına kıyasla daha kabul edilebilirdir. b) Mantar proteini, protein filamentlerinin lifli veya pul pul dokuyla hizalanması sonrasında ikna edici et, kümes hayvanı ve balık analogları verir. c) Mikoproteinlerin çoğu renksiz ve tatsızdır ve et lifine benzer bir dokuya sahiptirler, ancak eklenen tat ve renklendirmeye balık, tavuk, dana eti veya salamın kabul edilebilir bir taklidi haline getirilebilirler. d) Mantar mikoproteininin sağlık yararları ve antitümör etkisi vardır ki İngiltere'de sınırlı ölçekte pazarlanan, insan tüketimi için üretilen ilk mantar gıdasıydı (Kumar ve ark., 2017).

5. Makro (büyük) mantarlar

Mantarın doğal proteini doğası gereği liflidir ve ürünlerin çiğnenebilirliğini sağlar. Hiflerin hücre duvarları diyet lifleri açısından zengindir, çoklu doymamış yağ asitleri hücre zarlarında bol miktarda bulunur. Sitoplazma yüksek kaliteli proteinler açısından zengindir. Burger köfteleri ve misel içeren sosisler gibi ilk

ticari et analogları, yenilebilir filamentli mantar *Fusarium graminearum*'dan yapılmıştır. Bu ürünlerin etli tadı, mantarlarda kükürt içeren amino asitlerin ve glutamik asidin varlığına bağlanmaktadır. Mantar türevi ürünlerin tadı diğer bitki türevli ürünlere göre daha iyidir. Et alternatifleri, fermente mantarın yumurta ve diğer çeşniler/tatlandırıcılarla

kariştirilmesiyle mikoproteinden hazırlanır. Bunlar Avrupa ülkelerinde sığır eti ve tavuğa alternatif olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak *Fusarium*'un gerçek bir mantar olmadığı ve patojen olduğu yönündeki yaygın kamuoyu algısı, araştırmacıları ve gıda teknoloji uzmanlarını daha iyi bir alternatif aramaya zorlamıştır (Kumar ve ark., 2017).



Şekil 2. *Lentinus edodes*'in meyve veren gövdesi (Balbi ve ark., 2013)

Çin, büyük bir mantar üreticisi ve tüketicisidir. Çin'de 100'den fazla evcil yenilebilir mantar türü ve başta *Lentinus edodes*, *Auricularia auricula*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Pleurotus eryngii* ve *Agaricus bisporus* olmak üzere 60'tan fazla ticari çeşit içeren çeşitli yenilebilir mantar çeşitleri bulunmaktadır. 2020 yılında Çin'deki yenilebilir mantarların toplam üretim değeri yaklaşık 346.5 milyar Yuan ile 40 milyon tonu aşmış ve yenilebilir mantar endüstrisi, tahıl, şeker, sebze ve meyvelerden sonra beşinci büyük plantasyon endüstrisi haline gelmiştir. Yaygın olarak kullanılan 8 yenilebilir mantar türü: *Lentinula edodes* ("Shiitake"

yaygın ismi ile dünyaca tanınan, başta Japonya ve Çin olmak üzere, Doğu Asya'ya özgü yenilebilir bir mantardır), *Auricularia auricula* (Çin'de yaygın olarak yetiştirilen, iyi bilinen, geleneksel, yenilebilir ve tıbbi bir makro mantardır); *Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Agrocybe aegerita* (Amerika Birleşik Devletleri, Şili, Japonya, Kore, İtalya, Avustralya ve Çin'de yetiştirilip satılmaktadır); *Volvariella volvacea* (Doğu ve Güneydoğu Asya'da yetiştirilmekte ve Asya mutfığında yaygın olarak kullanılmaktadır); *Pleurotus eryngii* (Kral mantarı), *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı), *Flammulina velutipes* sayılabilir (Wang & Zhao, 2023).



Şekil 3. Yenilebilir *Pleurotus ostreatus* mantarı (Stanley ve ark., 2017).

Yenilebilir mantarlar en yaygın yenilebilirlik fonksiyonunun yanı sıra diğer yönlerden de önemli işleme ve geliştirme değerlerine sahiptir. Örneğin, birçok yenilebilir mantar mükemmel lignoselüloz bozunmasına sahiptir. Yenilebilir mantarların tarımsal ve endüstriyel atıkların arıtılması ve kaynak kullanımının yanı sıra enerji tasarrufu ve çevrenin korunmasında da önemli bir rol oynayabileceği görülmektedir. Günümüzde gıda 3D baskı teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, yenilebilir mantar proteini et analoglarının hayvan etinin tadını ve aromasını mükemmel şekilde taklit etmesini sağlamak mümkün olabilmektedir. Hayvancılık ve diğer bitki yetiştirme endüstrileriyle karşılaştırıldığında mantarlar, yetiştirme ortamı olarak pirinç samanı, buğday samanı, ağaç talaşı ve hayvan gübresi gibi tarım ve ormancılık yan ürünleri üzerinde yetiştirilir, bu da hammadde maliyetini düşürür ve düşük maliyetli hale getirir. Mantar yetiştiriciliği çok fazla arazi gerektirmez, daha az tarımsal atık üretir ve atık gaz ve atık su üretmez, bu da çevre ve

kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltabilir (Barzee ve ark., 2021).

Mantarlar, organik maddeleri zengin ve çeşitli faydalı ürünlere dönüştürme ve tüm insanlardan önce acil sorunların üstesinden gelmek için farklı fırsatlar sunma yeteneğine sahiptir. Dünyanın dört bir yanındaki pek çok şirket mantarların kimyasından yararlanmaktadır. Avrupa'daki büyük şirketler arasında şunlar yer almaktadır: AB Enzymes, BASF, Bayer, Chr. Hansen, Dyadic International, DSM, DuPont, Kerry Group, Marlow Foods, Novozymes, Puratos, Syngenta ve Roal Oy (Meyer ve ark., 2020).

6. Yenilebilir mantarlardaki besinler

Mantarların beslenme açısından insan beslenmesine pek çok olumlu faydası bulunmaktadır. Yüksek protein içeriğine sahiptirler; ortalama olarak mantar kuru ağırlığına göre % 19-35 protein içerirler (Wani ve ark., 2010).

Bu oran sıradan sebzelerden çok daha yüksektir; sığır eti ve diğer hayvancılık ürünleriyle karşılaştırılabilir seviyededir ve soya fasulyesinin protein

içeriğine yakındır. Mantarlar, insanların ihtiyaç duyduğu sekiz esansiyel amino asidi ve bebeklerin ihtiyaç duyduğu histidini içeren çok çeşitli amino asitlere sahiptir ve mantarların amino asit yapısı ideal modele yakındır. Bu yönden *A. bisporus*, *F. velutipes*, *Tricholoma matsutake* ve *P. eryngii* gibi bazı türler idealdir. Mantar proteini sindirilebilirliği % 70-80 arasındadır (bu parametre soya fasulyesi için % 75, pirinç için % 80, et için % 90-95, yumurta ve süt ürünleri için % 98'dir). Karbonhidratlar yenilebilir mantarlarda en bol bulunan bileşendir ve genellikle kuru ağırlığın yaklaşık % 60'ını oluşturur, besleyici şekerler ise yaklaşık % 2-10'unu içerir. Mantarlarda fonksiyonel polisakkaritler (nişasta ve glikojen gibi besinsel polisakkaritlerden ayrılır), terpenoidler, fenolik bileşikler, adenosin gibi birçok sağlıklı aktif bileşen bulunur (Wang ve Zhao, 2023).

Mantarların yağ oranı düşüktür, kolesterol içermez ve esas olarak linoleik asit formunda olan ve sağlıklı bir esansiyel yağ asitleri kaynağı olan doymamış yağ asitleri açısından zengindir (Das ve ark., 2021).

Mantarlar, esas olarak insan vücudunun ihtiyaç duyduğu potasyum, fosfor, sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi makro besinleri ve bakır, çinko, demir, molibden ve selenyum gibi temel eser elementleri içeren iyi bir mineral kaynağıdır. Bunların arasında potasyum çok yüksektir (Wani ve ark., 2010).

7. Yenilebilir mantarlarda alerjenler

Soya fasulyesi, buğday ve süt gibi yaygın alerjen yiyeceklerle karşılaştırıldığında mantar alerjisi, özellikle de yenilebilir mantar alerjisi hala nispeten nadirdir. Gıda alerjenleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden etkilenebilen proteinler olduğundan, proteinlerin alerjenitesi belirli işleme yöntemleriyle azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan duyarsızlaştırma yöntemleri arasında ısıtma işlemi, asit ve alkali işlemi, ultra yüksek basınç işlemi, ultrason,

yüksek voltajlı darbeli elektrik alanı ve biyolojik enzimatik sindirim yer alır. Bunlar arasında ısıtma işlemi, gıda işlemede en yaygın kullanılan duyarsızlaştırma yöntemidir. Mantar duyarsızlaştırmasında biyoenzimatik yöntemler de uygulanmıştır. *Bacillus subtilis* proteazı, determinant kümesinin yapısını bozabilir ve enzimin fonksiyonel özelliklerini etkilemeden onu duyarsız hale getirebilir. Biyoenzimatik sindirim, gıda alerjenlerinin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntemdir. Enzimatik sindirimin yumuşak reaksiyon koşulları ve geleneksel duyarsızlaştırma yöntemleri kadar enerji tüketmemesi, ayrıca enzimatik sindirimin yüksek verimliliği ve kontrol edilebilirliği, biyoenzimatik sindirimin hipoalerjenik gıdaların endüstriyel üretimi için kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Fakat bazı durumlarda enzimlerin hidroliz ürünleri, acı peptidlerin üretimi gibi gıdaların lezzetini olumsuz yönde etkileyebilir (Wang ve Zhao, 2023).

8. İpliksi mantarlar

Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır. Bu, geleneksel olarak mavi peynir gibi gıdalarda nitelik değiştirici olarak kullanılan *Ascomycetes*'in et ikameleri olarak gıda zincirine girmesine olanak sağlamıştır. Bu şirketlerin en eskisi Quorn™ ticari adı altında *Fusarium venenatum*'u kullanan Marlow Foods'tur, ancak yakın zamanda Mycorena (*A. oryzae*) (<https://mycorena.com/>), Sustainable Bioproducts (*F. oxysporum*) (www.naturesfynd.com/) ve *Basidiomycete* olan *Lentinula edodes* kullanılarak MycoTechnology sektöre girmiştir (Meyer ve ark., 2020).

Binlerce yıldır çok çeşitli gıdalarda kullanılan bir mikroorganizma sınıfı olan ipliksi mantarlar, son yıllarda çeşitli gıda ürünlerinde alternatif proteinler olarak yeni ve yenilikçi uygulamalar amaçlayan araştırma topluluklarında ve ticari girişimlerde yaygın ilgi görmektedir.

Mantarlar nesillerdir gıda, gıda bileşenleri (örn. sitrik asit, sirke), yem, enzimler, farmasötikler, nutrasötikler ve daha fazlasının üretiminde yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır. Mantar biyokütlesinin yenilebilir kısımları yaygın olarak mantar formunda veya gıda maddelerinin bir bileşeni olarak tüketilmektedir; örneğin: *Ustilago maydis* mantar safralarından oluşan bir lezzet olan huitlacoche ve ayrıca Roquefort ve Camembert peynirlerinde. Son zamanlarda gıda uygulamalarına yönelik endüstriyel ve ticari fermantasyonlarda filamentli mantarların üretilmesine ilgi artmış ve bazı durumlarda yeni ürünler başarıyla pazara sunulmuştur. Spesifik olarak, gıda ürünlerinin dokularının, renklerinin, şekillerinin ve boyutlarının değiştirilmesinde son teknolojik ilerlemeler (örneğin, 3D gıda baskısı) yapılmıştır. *A. oryzae*, *Cordyceps sinensis*, *Nörospora intermedia*, *R. oryzae*, *R. nigricans*, *A. niger*, *Monascus purpureus*, *F. venenatum*, *N. intermedya*, *Mucor indicus*, *Mucor hiemalis*, *Rhizopus oligosporus*, *F. oxysporum*, *R. oligosporus* ipliksi mantarlardan bu amaçla kullanılan bazılarıdır (Barzee ve ark., 2021).

Bazı filamentli mantar türleri çoğu mantardan daha yüksek protein içeriğine sahiptir ve bu nedenle alternatif protein kaynakları olarak iyi adaylardır (Derbyshire ve Delange, 2021).

Mantarlar birçok nesildir gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Çoğu durumda mantarlar, biyokütleyi parçalama ve ilgi çekici tatlar, renkler ve/veya dokular üretme yeteneklerinden dolayı gıda ürünlerinde kullanılır. Örneğin mantarlar (örneğin, *Aspergillus oryzae* ve *A. sojae*), enzim salgılama, soya fasulyesini parçalama ve soya sosu ürününe benzersiz tatlar verme yetenekleri nedeniyle koji ve soya sosu üretiminde en az 3.000 yıldır kullanılmaktadır (Bamforth ve Cook, 2019). *Aspergillus niger*, 1919'dan beri büyük ölçekli su altı kültür fermantasyonlarında sitrik asit üretimi için ticari olarak kullanılmaktadır (Papagianni, 2007). *Aspergillus niger*'in bir çeşidi olan

Aspergillus awamori, gıda endüstrisinde diğerlerinin yanı sıra sitrik asit ve amilaz üretimi için uzun süredir kullanılan yenilebilir bir mantardır. *A. awamori* ürünlerine, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından "Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınmış" (GRAS) statüsü verilmiştir (Saleh ve ark., 2013).

İpliksi mantarların hifleri, hizalanıp organize edildiğinde, lif büyüklüğünün benzerliğinden dolayı ete, özellikle de tavuğa benzeyen ve ağızda bu hissi veren bir yapı sağlar. Yüksek amino asit ve lif içeriği ve düşük doymuş yağ oranı, mantar proteininin yüksek sindirilebilirliği ile birleştiğinde, bunu olağanüstü derecede sağlıklı bir gıda haline getirir (Finnigan ve ark., 2019).

Gıda ikamesi olarak kullanılan mantarlar, karbon kaynağı olarak basit tuzlar ve glikoz kullanılarak fermentörlerde yetiştirilir. Quorn™, hava kaldırmalı basınçlı çevrim fermentörlerini kullanır. Bunlar 30 m boyundadır ve yaklaşık 150 m³ çalışma hacmine sahiptir; bu, daha uzun (ve dolayısıyla daha kaliteli) hiflere izin veren düşük kesme gerilimi de dahil olmak üzere, geleneksel fermentörlere göre çeşitli operasyonel ve kontrol avantajları sunar. Glikoz, şu anda *A. niger*'den elde edilen glikoamilaz enzimi kullanılarak buğday veya mısırdan elde edilen nişastanın enzimatik sindirimi yoluyla çeşitli kaynaklardan sağlanabilir, ancak gelecekte lignoselülozun kullanılması düşünülmektedir. Orijinal tahıldan elde edilen protein başka kullanımlar için saklandığından ve *F. venenatum*'a verilmediğinden, birçok hayvan proteiniyle karşılaştırmak için kullanılan hektar başına protein miktarı ölçüsü, mantarlara uygulandığında yanıltıcıdır. Hayvan yemlerinde protein kullanımı, ister hayvan ister böcek olsun, orijinalde mevcut olanın (kayıplarla birlikte) konsantre edilmesini sağlarken, mantarlar protein içermeyen bir ham maddeye protein ekler. Ayrıca, mantar proteini üretimi, hayvansal proteinle karşılaştırıldığında su açısından oldukça verimlidir; sığır etinin yaklaşık onda biri ve

tavuğun yarısı kadar su gerektirir. Quorn Foods, karbon ayak izi üçüncü taraf sertifikasyonunu alan ilk küresel et alternatifi markası olmuştur. Bununla birlikte, fermente edilmiş *F. venenatum*'un ekolojik etkisini daha da azaltmak için kayda değer bir potansiyel bulunmaktadır ve bu nedenle Marlow Foods, suyun azaltılması, karbonhidrat seçimi, fermentör optimizasyonu, ortak ürün değerlemesi ve optimizasyonu konularına bakan çok sayıda dış ortağın yer aldığı bir araştırma programı yürütmektedir (Meyer ve ark., 2020).

9. Mikoprotein

Mikoprotein, doğal olarak oluşan bir mantar olan *Fusarium venenatum*'dan yapılan et benzeri dokuya sahip, alternatif, besleyici bir protein kaynağıdır. Quorn adıyla satılan mikoprotein, Amerika Birleşik Devletleri dahil 17 ülkede tüketilmektedir. Mevcut beslenme kurallarına uygun olarak mikoprotein, protein ve lif açısından yüksek, yağ, kolesterol, sodyum ve şeker açısından düşüktür. Mikoprotein kuru ağırlığa göre tipik olarak % 45'i protein ve % 25'i liftir. Mikoprotein, esansiyel amino asitler açısından zengindir. Hücre duvarlarında bulunan diyet lifi ince bağırsakta sindirilmeden kalır (Finnigan ve ark., 2019).

Mikoprotein üretiminin tam açıklaması Finnigan (2011) tarafından yayınlanmıştır. Mikoprotein üretim suşu ilk önce aerobik fermantasyon sistemi ve büyüme için gerekli olan karbonhidrat ve besin substratları kullanılarak büyütülür. Daha sonra, mantarın miselyumu, ribonükleik asit içeriğini onaylanan seviyelere düşürmek için ısıtma işlemine tabi tutulur. Ribonükleik asit seviyeleri düşürüldükten sonra, askıdaki hifler santrifüjleme yoluyla geri kazanılır ve mikoprotein olan bir süpernatant elde edilir. Üretimin son aşamalarında, mikoprotein buharda pişirilmesi, soğutulması ve dondurulması işlemleri, mikroskop altında gözlemlendiğinde tavuğa benzeyen et benzeri bir yapıyla sonuçlanır. Bu kombine işlemler, eklenen yumurta akı, fonksiyonel bileşenler, aromalar, otlar ve baharatların

son eklenmesiyle birlikte, etin dokusunu taklit eden bir son ürüne yol açar (Wiebe, 2002).

Quorn TM adı verilen piyasadaki en yaygın mikoprotein ürünü, 15 yıllık araştırma ve geliştirmenin ardından 1985'ten beri üretilmektedir (Wiebe, 2004). Mantar miselyumunun dallanmış doğası, kas liflerinin organizasyonuna yakındır ve et benzeri bir dokunun gelişmesine yardımcı olur (Finnigan, 2011).

10. İçecekler, unlu mamuller ve yeni gıda ürünleri

Yakın zamanda araştırmacılar tarafından mantar bazlı içeceklerin üretilmesi için bir mantar yetiştirme stratejisi geliştirilmiştir. Ortaya çıkan üründe şeker oranı düşük, protein ve lif oranı yüksek, ayrıca tekli ve çoklu doymamış yağlar bulunur. Yenilebilir miselyumun alternatifi olarak proteinlerin yanı sıra yeni gıda ürünleri kategorilerinin genişletilmesi fikrinin bir örneği durumundadır (Barzee ve ark., 2021).

Stoffel ve ark., (2021) kurabiye üretmek için buğday ununun yerine *Pleurotus albidus* mikoprotein ununu kullanmış, mikoprotein unu kullanmanın, protein, diyet lifi ve fenolik bileşiklerin içeriğiyle ölçülen kurabiyelerin besin değerini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Mikoprotein ilavesi aynı zamanda kurabiyelerin sertliğini arttırmış ve rengini değiştirmiştir. Mantar miselyumu, diğer mikroorganizmaların hücre duvarlarına bağlanarak nihai gıda ürünlerine ilave besinsel faydalar veya dokular, tatlar ve/veya renkler sağlayabilme kabiliyeti nedeniyle diğer mikroorganizmalar için bir taşıyıcı ortam olarak da kullanılabilir. Örneğin, birçok mantar türünün sıvı kültürlerdeki süspansiyondan mikroalg hücrelerini topaklaştırma yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir (Gultom ve Hu, 2013). Kullanılan alg ve mantarların spesifik türüne bağlı olarak, elde edilen peletlenmiş biyokütle, nihai üründe her iki bileşenin tek başına kullanılmasına kıyasla daha yüksek düzeyde protein veya belirli yağ asitleri sergileyebilir (Wrede ve ark., 2014).

11. Mantar yaşam döngüsü

Mantar büyümesinin iki ana formu vardır: maya benzeri hücreler ve misel büyümesi. Dimorfik mantarlar, besinler, oksijen veya sıcaklık gibi çevresel koşullardaki değişikliklere yanıt olarak maya benzeri ve miselyal form arasında geçiş yapabilir (Wendland, 2001).

Filamentli mantarların morfolojileri yaşam döngüleri boyunca karmaşıktır. İpliksi bir mantarın yaşamı genellikle tek bir üreme sporunun çimlenmesiyle başlar. Germ tüpü sonunda hif olarak bilinen boru şeklinde bir filaman oluşturacak şekilde uzar. Hifler mantarların ana yapı taşıdır ve çevreden besinleri emip taşıyabilir. Hif büyümeye ve dallanmaya devam eder ve sonunda miselyum adı verilen çapraz bağlı bir yapı oluşturur (Meyer ve ark., 2020).

Mantarlar aseksüel olarak mitozla veya cinsel olarak mayozla çoğalabilirler. Mantarların çoğu holomorftur, yani hem aseksüel hem de cinsel olarak çoğalabilirler. Aseksüel sporlar üreten mantar aşamasına anamorf denir. Teleomorf cinsel üreme aşamasıdır. Cinsel üreme, mantarların değişken ve stresli ortamlara uyum sağlamasına olanak tanır ve genetik çeşitliliği teşvik eder. Eşeyli üreme dört adımdan oluşur: 1) plazmogami, iki farklı miselden haploid hücrelerin heterokaryotik bir miselyuma füzyonu; 2) karyogami, diploid çekirdekler oluşturmak için nükleer füzyon; 3) mayoz bölünme, haploid sporların oluşumu; 4) spor çimlenmesi, çok hücreli miselyumun oluşması. Eşeysiz üreme, cinsiyet organlarının, cinsiyet hücrelerinin veya çekirdeklerin birleşmesini içermez. Eşeysiz üreme, mantarların çevreye yayılmasını ve "yavruların" genetik olarak ana mantarla aynı olması nedeniyle genotipleri popülasyonda başarılı bir şekilde tutmasını sağlar. Mantarların eşeysiz olarak üretebilmesinin üç yolu vardır: 1) misel parçalanması; 2) misel bölünmesi (örneğin *Schizosaccharomyces spp.*'de); ve 3) tomurcuklanma (örn. *Saccharomyces spp.* maya) (Barzee ve ark., 2021).

12. Mantar morfoloji

Su altında ekimdeki mantarlar genellikle üç farklı morfolojik formda büyür: asılı misel, topaklar veya kümeler. Miselyumun morfolojisi, mantar biyokütlesinin büyümesi ve metabolitlerin üretimi üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Askıdaki misellerin büyümesi Newtonyen olmayan reolojik davranışa yol açar, bu da et suyu viskozitesini artırabilir ve besin, oksijen ve ısı transferini azaltabilir. Topaklar sıklıkla yetersiz çalkalama nedeniyle oluşur ve topakların içindeki oksijen ve besin maddelerinin kütle transferi sınırlanabilir. Bu üç morfoloji arasında mantar peletleri, hasat kolaylığı, geniş spesifik alanlar nedeniyle besin maddelerinin iyileştirilmiş kütle transferi, düşük fermantasyon besiyeri viskozitesi, ürünün herhangi bir yerine düşük yapışma şansı gibi avantajlarından dolayı endüstriler ve araştırmacıların artan ilgisini çekmektedir. Pelet oluşumu mantar sporlarının şişmesi ve çimlenmesiyle başlar. Sporların türüne bağlı olarak, tek bir spordan ("pıhtılaşmayan" mekanizma) veya birçok spordan ("pıhtılaşma" mekanizması) bir pellet oluşturulabilir (Zhang ve Zhang, 2016).

Su altında yetiştirme ve katı hal yetiştirme, mantarların ve/veya bunların metabolik ürünlerinin üretimine yönelik iki yöntemdir. Her iki süreç de mantar biyokütle ekimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Su altında yetiştirme, mantar biyokütlesinin büyümesinin, bol miktarda serbest su ve çözünmüş besin içeren sıvı ortamda gerçekleştirildiği bir süreçtir. Su altında fermantasyon üç yaygın modda gerçekleşir: kesikli, beslemeli kesikli ve sürekli yetiştirme. Toplu yetiştirmede, substratlar yetiştirmenin başlangıcında yüklenir ve ürünler sonunda hasat edilir. Beslemeli kesikli ekimde, yetiştirme sırasında reaktördeki hücre yoğunluğunun artmasına yardımcı olabilecek besinler eklenir. Sürekli ekim, reaktöre besin maddelerinin sürekli eklenmesini ve buna bağlı olarak ürünlerin reaktör dışına sürekli olarak aktarılmasını

içerir. Katı hal ekimi, mantar biyokütlesinin, mantar büyümesini desteklemek için uygun bir nem içeriğine sahip katı substrat üzerinde kültürlenmesiyle gerçekleştirilir. Mantar yetiştiriciliğinde kullanılan katı substrat örnekleri arasında pirinç samanı, şeker pancarı küspesi, elma posası ve portakal kabuğu yer alır (Nasehi ve ark., 2017).

13. Mantar suşlarının seçimi ve optimizasyonu

Dünyada milyonlarca mantar suşu bulunmaktadır ve mantarların biyokütle ve ürünlerde kullanım amacına bağlı olarak suş seçimi ve optimizasyon kriterleri farklı olabilir. Mikoprotein üretimi için mantar suşunun seçiminde ana kriterler yüksek protein içeriği ve yüksek büyüme hızıdır. Filamentöz formda büyüme yeteneği aynı zamanda alternatif protein üretimi için bir seçim kriteri olarak da yaygın olarak kullanılır çünkü mantar hifleri boyut olarak hayvan kas liflerine benzer ve etin dokusunu taklit edebilir. Örneğin Quorn TM, ticari mikoprotein üretimi için kullanılan mantar suşunu belirlemek amacıyla çok sıkı bir tarama süreci izlemiştir. Tarama kriterleri arasında hızlı büyüme; filamentli morfoloji; pigment, koku ve toksin eksikliği; inorganik azot kullanma yeteneği ve yüksek protein içeriği (% 45'ten fazladır). 3.000'den fazla mantar türüyle rekabet ettikten sonra *F. venenatum* tüm gereklilikleri karşılamış ve sonunda seçilmiştir (Barzee ve ark., 2021).

14. Sonuç

Et analoglarının hazırlanması sırasında kullanılacak temel bileşenler şunlardır: 1) Soya proteini 2) Mantar 3) Buğday glütenu 4) Yumurta akı 5) Karbonhidratlar 6) Aroma verici ve diğer çeşitli bileşikler. Et analoglarının lezzetini güçlendirmek ve protein ürünlerinin istenmeyen kokusu değiştirmek için kimyasal çeşnilerin, glutamik asit basit şekerler, amino asitler, 5-nükleotidler, glikoproteinler, monosodyum glutamat yağ, tuz, kükürt içeren amino asitler, mantar aroması, monosodyum glutamatın, soğan aroması, suda çözünür bir

linoleik asit, peynir altı suyu proteini, ksantan sakızlı lifleri, yumurta akı, kazein, sodyum kazeinat (sodyum, kalsiyum, potasyum ve magnezyum kazeinat gibi), rafine buğday unu, tatlandırıcılar, sitrik asit, kırmızı pancar vb girdiler kullanılmaktadır.

Mantar proteininin bitkisel ve bakteriyel proteinlere göre tercih avantajları şu şekilde özetlenebilir: Mantar proteininin mantar aroması, dokulu soya proteininin fasulye aromasına kıyasla daha kabul edilebilirdir. b) Mantar proteini, protein filamentlerinin lifli veya pul pul dokuyla hizalanması sonrasında ikna edici et, kümes hayvanı ve balık analogları verir. c) Mikoproteinlerin çoğu renksiz ve tatsızdır ve et lifine benzer bir dokuya sahiptirler, ancak eklenen tat ve renklendirmeye balık, tavuk, dana eti veya salamin kabul edilebilir bir taklidi haline getirilebilirler. d) Mantar mikoproteininin sağlık yararları ve antitümör etkisi vardır.

Yaygın olarak kullanılan 8 yenilebilir makro mantar türü: *Lentinula edodes*, *Auricularia auricula*; *Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Agrocybe aegerita*; *Volvariella volvacea*; *Pleurotus eryngii* (Kral mantarı), *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı) ve *Flammulina velutipes* sayılabilir. Dünyanın dört bir yanındaki pek çok şirket mantarların kimyasından yararlanmaktadır. Avrupa'daki büyük şirketler arasında şunlar yer almaktadır: AB Enzymes, BASF, Bayer, Chr. Hansen, Dyadic International, DSM, DuPont, Kerry Group, Marlow Foods, Novozymes, Puratos, Syngenta ve Roal Oy.

Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır. Bazı filamentli mantar türleri çoğu mantardan daha yüksek protein içeriğine sahiptir ve bu nedenle alternatif protein kaynakları olarak iyi adaylardır. Bu şirketlerin en eskisi Quorn™ ticari adı altında *Fusarium venenatum*'u kullanan Marlow Foods'tur, ancak yakın zamanda *Mycorena* (*A. oryzae*), Sustainable Bioproducts (*F. oxysporum*) ve Basidiomycete olan *Lentinula edodes*

kullanılarak MycoTechnology sektöre girmiştir.

Kaynaklar

- Asgar, M.A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., Karim, A.A., 2010. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5): 513-529.
- Balbi, M.E., Fabeni, F., Lazinski, L.M., Melo, A.C.S., Souza, H.F., 2013. Nutritional analysis and amino acid profile of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*, Agaricaceae). *Visão Acadêmica*, 14(4).
- Bamforth, C.W., Cook, D.J. 2019. Food, fermentation, and micro-organisms. John Wiley & Sons.
- Barzee, T.J., Cao, L., Pan, Z., Zhang, R. 2021. Fungi for future foods. *Journal of Future Foods*, 1(1): 25-37.
- Das, A.K., Nanda, P.K., Dandapat, P., Bandyopadhyay, S., Gullón, P., Sivaraman, G.K., Lorenzo, J.M. 2021. Edible mushrooms as functional ingredients for development of healthier and more sustainable muscle foods: A flexitarian approach. *Molecules*, 26(9): 2463.
- Derbyshire, E.J., Delange, J., 2021. Fungal protein—what is it and what is the health evidence? A systematic review focusing on mycoprotein. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 581682.
- Finnigan, T.J., Wall, B.T., Wilde, P.J., Stephens, F.B., Taylor, S.L., Freedman, M.R., 2019. Mycoprotein: the future of nutritious nonmeat protein, a symposium review. *Current Developments in Nutrition*, 3(6): nzz021.
- Finnigan, T.J.A., 2011. Mycoprotein: origins, production and properties. *Handbook of Food Proteins*, 335-352.
- Gultom, S.O., Hu, B., 2013. Review of microalgae harvesting via co-pelletization with filamentous fungus. *Energies*, 6(11): 5921-5939.
- Jiménez-Colmenero, F., 2007. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11): 567-578.
- Joshi, V.K., Kumar, S., 2015. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products-A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5(2): 107-119.
- Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., Verma, A.K., 2017. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(5): 923-932.
- Meyer, V., Basenko, E.Y., Benz, J.P., Braus, G.H., Caddick, M.X., Csukai, M., Wösten, H.A., 2020. Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology and Biotechnology*, 7(1): 5-11.
- Nasehi, M., Torbatinejad, N.M., Zerehdaran, S., Safaie, A.R., 2017. Effect of solid-state fermentation by oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on nutritive value of some agro by-products. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1): 221-226.
- Papagianni, M., 2007. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnology Advances*, 25(3): 244-263.
- Sakai, K., Sato, Y., Okada, M., Yamaguchi, S., 2022. Synergistic effects of laccase and pectin on the color changes and functional properties of meat analogs containing beet red pigment. *Scientific Reports*, 12(1): 1168.
- Saleh, A.A., Ohtsuka, A., Yamamoto, M., Hayashi, K., 2013. *Aspergillus awamori* feeding modifies lipid metabolism in rats. *BioMed Research International*, (1): 594393.
- Sharma, M., Kaur, S., Kumar, P., Mehta, N., Umaraw, P., Ghosh, S., 2022. Development, prospects, and challenges of meat analogs with plant-based alternatives. *Recent Advances in Food Biotechnology*, 275-299.

- Souza Filho, P.F., 2022. Fungal protein. *Advances in Food and Nutrition Research*, 101: 153-179.
- Stanley, C.N., Alobari, V.B., Ezealisiji, K. M., 2017. Formulation and evaluation of the effectiveness of a novel hand sanitizer using *Pleurotus ostreatus* oyster mushroom extract. *Literatures*, 12, 15.
- Stoffel, F., de Oliveira Santana, W., Fontana, R.C., Camassola, M., 2021. Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68: 102642.
- Wani, B.A., Bodha, R.H., Wani, A.H., 2010. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24): 2598-2604.
- Wang, M., Zhao, R., 2023. A review on nutritional advantages of edible mushrooms and its industrialization development situation in protein meat analogues. *Journal of Future Foods*, 3(1): 1-7.
- Wendland, J., 2001. Comparison of morphogenetic networks of filamentous fungi and yeast. *Fungal Genetics and Biology*, 34(2): 63-82.
- Wiebe, M., 2002. Myco-protein from *Fusarium venenatum*: a well-established product for human consumption. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58: 421-427.
- Wiebe, M.G., 2004. Quorn™ Myco-protein-Overview of a successful fungal product. *Mycologist*, 18(1): 17-20.
- Wikandari, R., Dewanti-Hariyadi, R., Taherzadeh, M.J., 2023. Filamentous fungi for food. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 343-397). Elsevier.
- Wrede, D., Taha, M., Miranda, A.F., Kadali, K., Stevenson, T., Ball, A.S., Mouradov, A. 2014. Co-cultivation of fungal and microalgal cells as an efficient system for harvesting microalgal cells, lipid production and wastewater treatment. *PloS one*, 9(11): e113497.
- Zhang, J., Zhang, J., 2016. The filamentous fungal pellet and forces driving its formation. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(6): 1066-1077.

Atuf Şekli: Çakmak, G.A., 2024. Yenilebilir Mantarlar ve Et İkamesi Olarak Kullanım Olanakları. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 347–359.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11737238>.

To Cite: Çakmak, G.A., 2024. Edible Mushrooms and Utilisation as Meat Analogues. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 347–359.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11737238>.

Van'ın Erciş İlçesinin Sıvılaşma Potansiyeli

Levent ERTUŞ^{1*} 

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Van

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

Geliş Tarihi (Received): 22.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Erciş ilçesi, Çaldıran Fayı, Van Fayı ve Erciş-Kocapınar Fayı gibi büyük deprem üretme kapasitesine sahip faylarla çevrilidir. Yeraltı suyu seviyesi yüzeye yakın gevşek birimlerden oluşan Kuvaterner yaşlı göl ve akarsu çökelleri üzerine kurulu olan Erciş yerleşimi, bölgesel tektonik ve depremsellik nedeniyle sıvılaşma riski taşımaktadır. Bu çalışma, Erciş yerleşim alanının sıvılaşma potansiyelini belirlemeyi amaçlamaktadır. İlçe merkezinde daha önce yapılmış jeoteknik etüt çalışmalarının verileri kullanılarak mevcut SPT darbe sayılarına dayalı sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmiş ve sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayıları hesaplanarak potansiyel belirlenmiştir. Elde edilen veriler coğrafi bilgi sistemleri tabanlı yazılımlar kullanılarak haritalanmış ve Erciş yerleşim alanı için sıvılaşma potansiyelini gösteren haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar sayesinde, yeraltı suyunun yüzeye yakın olduğu bölgelerde ve Van Gölü kıyılarında yüksek sıvılaşma potansiyeline işaret eden alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erciş, sıvılaşma, sıvılaşma potansiyeli

Liquefaction Potential in Erciş District of Van

Abstract

The district of Erciş is surrounded by major fault lines such as the Çaldıran Fault, the Van Fault, and the Erciş-Kocapınar Fault, which have the capacity to generate large earthquakes. The settlement of Erciş, built on Quaternary-aged lake and river sediments consisting of loose units close to the surface groundwater level, is at risk of liquefaction due to regional tectonics and seismic activity. Therefore this study aims to determine the liquefaction potential of the Erciş settlement. Liquefaction analyses based on the existing Standard Penetration Test (SPT) blow count data from previous geotechnical survey studies conducted in the town center were performed, and liquefaction safety factors were calculated to determine the potential risk. The obtained data has been mapped using Geographic Information Systems (GIS)-based software, and maps showing the liquefaction potential for the Erciş settlement were generated. These maps identify areas with high liquefaction potential, particularly in regions where groundwater is close to the surface and along the shores of Lake Van.

Keywords: Erciş, liquefaction, liquefaction potential

1. Giriş

Yıkıcı depremlerin sonucunda ortaya çıkan can ve mal kayıplarının çoğunda, yapının sahip olduğu kaliteye ek olarak zeminin özellikleri de büyük bir etkiye sahiptir. Özellikle sıvılaşma sonucu meydana gelen yanıl yayılma ve oturma gibi yüzey deformasyonları, deprem etkisi altındaki bölgelerde önemli bir role sahiptir. Yeraltı suyunun sığ olduğu ve zeminin siltli, gevşek kumlu olduğu alanlarda, depremin tekerrürlü etkileriyle ortaya çıkan sıvılaşma, yapıların devrilmesi, yıkılması ve oturması gibi ciddi deformasyonlara neden olabilir.

Deprem gibi doğal olaylar sırasında, zeminin sıvılaşması en önemli faktörlerden biridir. Bu süreç, dinamik yükler altında zemindeki su basıncının artması ve dolayısıyla zeminin taşıma kapasitesinin ani bir şekilde azalmasıyla karakterizedir (Castro ve ark., 1982). Sıvılaşma sürecinde, su doymun zemindeki boşluklar arasındaki basınç artar, bu da zeminin iç sürtünme direncini azaltır ve etkili gerilmeyi sıfıra indirir. Sonuç olarak, zeminin sahip olduğu taşıma potansiyeli ciddi bir şekilde azalmakta, buna bağlı olarak binalarda yıkıcı hasarlara sebep olabilmektedir.

Bazı büyük deprem hasarlarında, zeminin dayanımını kaybedip akışkan bir hale geldiği gözlemlenir. Bu olay, sıvılaşma olarak adlandırılır. Özellikle tabakaların seviye olarak yeraltı suyu altındaki kısımlarında, zeminin geçici şekilde mukavemetini kaybederek rijit olması gerekirken, viskoz bir sıvı gibi davranış sergilemesiyle kendini gösterir. Sıvılaşma durumunda, zeminin makaslama dayanımı azalır ve bu nedenle yapılar genellikle desteklerini ve stabilitesini kaybederler. Meydana gelen bu olay, genellikle doymun olan zeminlerde meydana gelir ve özellikle koyul, nehir kıyıları ve diğere su kaynakları çevresinde sıkça görülür (Karanlık, 2006). Bu durumda, zemindeki su basıncı artar ve taneler arasındaki sürtünme kuvveti azalır, böylece zeminin taşıyabileceği kapasite ciddi oranda azalır, bunun sonucunda ise yapılar önemli hasarlar görmektedir.

Sıvılaşmanın yapı temellerinin üzerindeki yükü taşıyamaz hale gelmesine ve yapısal sorunlara yol açabilecek bir durum olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle deprem etkisiyle zeminin sıvılaşması, yapısal deformasyonlara ve ciddi hasarlara neden olabilir. Bu durum, yerleşim yerlerinin planlanması ve yapıların tasarımı açısından büyük bir öneme sahiptir. Mollamahmutoğlu ve Babuçu'nun (2006) belirttiği gibi, sıvılaşma eğilimi olan bölgelerde yapıların güvenliği için uygun önlemler alınmalı ve yapısal tasarımlar buna göre yapılmalıdır. Ayrıca, deprem riski taşıyan bölgelerde sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi, riskin azaltılması ve toplumun güvenliği için hayati önem taşır. Bu değerlendirme, sadece yapısal mühendislik açısından değil, aynı zamanda kentsel planlama ve afet yönetimi açısından da dikkate alınmalıdır. Çünkü sıvılaşma riski olan bölgelerde yapılan kentsel planlamalar ve afet yönetimi stratejileri, toplumun güvenliği ve yaşam kalitesi açısından önemli bir rol oynar. Bu nedenle, sıvılaşma olgusuyla ilgili doğru önlemlerin alınması ve uygun stratejilerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak sıvılaşma, katı maddenin moleküler düzeninin kaybıyla karakterize edilen bir olaydır. Bu fenomen, genellikle yüksek basınç, titreşim veya sıcaklık gibi dış etkenlerin etkisiyle meydana gelir. Moleküler bağların zayıflaması veya kopması sonucunda, katı maddenin belirli bir sıcaklık ve/veya basınç altında sıvı hâle geçişı gerçekleşir. Sıvılaşmanın olumsuz etkileri, özellikle zemin mühendisliği ve yapısal tasarım alanlarında önemlidir. Zeminin sıvılaşması, yapıların stabilitesini azaltabilir ve deprem gibi doğal afetler sırasında yapıların çökmesine veya hasar görmesine neden olabilir. Ayrıca, endüstriyel süreçlerde de istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Erciş ve çevresi, sıkışmalı tektonik rejim ve doğrultu atım karakterli faylarla etkileşim içinde olduğundan sismik açıdan oldukça riskli bir konumda bulunmaktadır.

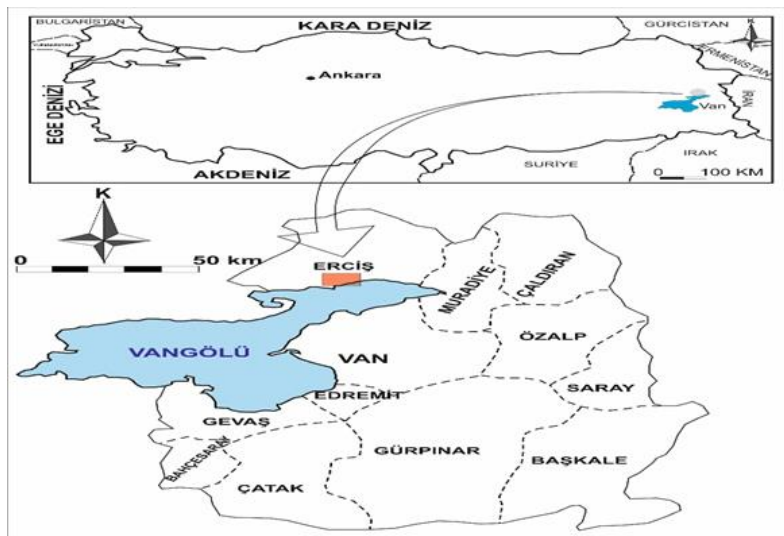
Özellikle Çaldıran Fayı ve Erciş-Kocapınar Fayı'nın etkisi altındadır. Bu nedenle, bölge depremlere karşı hassas bir konumdadır. 23.10.2011 yılında $M_w=7.2$ meydana gelen Van Depreminde, bu risk somut bir örnek olarak gözlemlenmiştir. Depremde, özellikle Erciş ilçesinde önemli yapı hasarı ve yıkım yaşanmıştır. Ancak, deprem sonrası yapılan çeşitli arazi incelemelerinde, yoğun yerleşim alanı olan Erciş merkezi ve yakın çevresinde sivilaşmayla ilişkili yüzey deformasyonlarına rastlanmamıştır. Bu durum, bölgenin sivilaşma açısından doğrudan etkilenmediğini göstermektedir. Ancak, Erciş'in batısında bulunan Sivilaşmayla ilişkili kum kaynamaları ve yanal yayılmalar Çelebibağ'ın kırsal alanlarında gözlemlenmiştir. Bu da gösteriyor ki, sivilaşma olgusu bölgede heterojen bir dağılıma sahiptir ve farklı alanlarda farklı etkiler gösterebilir.

Erciş ilçe merkezinde 2011 Van depreminde yüzeyde sivilaşmayla ilişkili deformasyonlar gözlemlenmemiş olmasına rağmen, bölgede suya doygun iri taneli zeminlerin yoğun olduğu biliniyor. Bu durum, gelecekteki daha büyük ölçekli depremler sırasında sivilaşma ve bununla ilişkili yüzey deformasyonlarının ortaya çıkabileceği endişesini artırıyor. Özellikle,

Muradiye istasyonu'nda 23.10.2011 yılında Van ilinde meydana gelen depremin ölçülen yatay ivme değeri yüksek olduğu belirtilmiş. Bu durum, daha büyük depremlerde yüzey deformasyonu riskinin artabileceğini gösteriyor. Bu sebeple, Erciş yerleşiminde gelecekte oluşabilecek büyük depremlerde sivilaşma ve buna bağlı yüzey deformasyonlarının olası etkilerinin değerlendirilmesi ve riskli alanların belirlenmesi son derece önemli. Bu değerlendirme, güvenli yapılaşma ve şehir planlaması açısından kritik bir rol oynar. Bu nedenle, sismik olarak tehlikeli bir bölgede bulunan Erciş yerleşimi için sivilaşma potansiyelinin sayısal olarak değerlendirilmesi, önleyici önlemlerin alınması ve risklerin azaltılması açısından büyük önem taşır. Bu bağlamda bu çalışma, gelecekteki depremlerin etkilerini azaltmak ve toplumun güvenliğini sağlamak için atılabilecek adımları belirlemeye yardımcı olabilmeyi amaçlamaktadır.

1.1. İnceleme alanının tanıtımı

Van Gölü'nün kuzey bölümünde yer alan Erciş yerleşimi, Van merkezine yaklaşık olarak 80 kilometre mesafededir. Ulaşım genellikle karayoluyla sağlanmaktadır (Şekil 1). Erciş, Van ilinin en kalabalık ilçesi olarak bilinmektedir.



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru haritası

Erciş ilçesi genel olarak düz bir topoğrafyaya sahip olmakla birlikte, kuzeydoğu ve doğu kısımları yükseltilerle çevrilidir. Yoğun yerleşim alanları, genellikle eski göl çökellerinin üzerine kurulmuştur. Ancak, nüfus artışıyla birlikte yapılaşmalar günümüz alüvyon tabakalarına doğru kayma eğilimindedir. Batıda, Zilan Çayı tarafında bulunan bölgelerde, eski göl çökelleri ile güncel çökeller arasında ani 4-5 metreye varan seviye farkları bulunmaktadır.

Diğer yandan, yerleşkenin güney kısmında ki topoğrafya, göle taraf hafif bir eğimi bulunmaktadır. Bu alanda güncel göl çökelleri ile eski çökeller arasında sınır belirgin değildir. Zilan Deresi, Deliçay, İrşat, Yekmal Çayı bölgenin kuzeyinden güneye doğru akarak Van Gölü'ne dökülmektedir. Bu akarsular, bölgenin hidrolojik ve coğrafi yapısını belirleyen önemli unsurlardır.

1.2. Çalışma alanının jeolojisi

Erciş bölgesinin temelini oluşturan birim, resifal karakterli Adilcevaz Kireçtaşı adı verilen Alt Miyosen yaşlı kireçtaşı birimidir (Akın ve ark., 2015). Bu birimlerin üzerine, Etrüsk ve Girekol Volkanları'na ait lavlar ile volkanosedimenter kırıntılar yerleşmiştir. Volkanizma süreci, Pliyosen'den Kuvaterner'e kadar farklı evrelerde ve çeşitli tiplerde ürünler ortaya koymuştur (Oyan, 2011).

Bu birimlerin üzerinde geniş alanlarda Kuvaterner yaşlı kırıntılar yer alır. Bu kırıntılı birimler, genellikle akarsu, delta ve göl kırıntılarından oluşan iri taneli malzemelerden oluşmuştur (MTA, 2007; 2008).

Çalışma alanının büyük bir kısmı, özellikle Erciş merkezi ve çevresi, göl ve akarsuların getirdiği farklı boyuttaki jeolojik malzemelerin tekrarlanması sonucu oluşmuştur. Bu malzemeler arasında göl çökelleri (eski alüvyon) önemli bir yer tutar. Genellikle ince kum ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan göl çökelleri, yer yer kısmen derin seviyeleri temsil eden killi tabakalar da içerebilir. Bu birim genellikle

lamina boyutunda ince tabakalı olup, çoğunlukla yataydır (MTA, 2007; 2008). Alüvyon sahalarında, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan derin sondaj kuyularında birimin tespit edilen kalınlığı 188 metre olarak belirlenmiştir. Bu veriler, bölgenin jeolojik yapısını ve alüvyon biriminin kalınlığını daha iyi anlamamıza yardımcı olur.

Akarsu ve delta çökelleri (güncel alüvyon), genellikle ince-iri çakıl ve büyük kum boyutundaki kırıntılardan meydana gelir (MTA, 2007; 2008). Bu çakıllar genellikle yuvarlak-yarı yuvarlak şekillidir ve genellikle 8-10 cm büyüklüğündedir. Bu malzemeler çoğunlukla volkanik birimlerle ve kireçtaşı kökenli malzemelerle ilişkilendirilir.

Bu birim genellikle kötü derecelenmiştir (Akın ve diğerleri, 2015). Akarsu ve delta çökelleri içinde, zaman zaman akıntı yapıları ve çapraz tabakalanmalar gözlemlenebilir. Bu birim ayrıca genellikle taşkın düzlüklerinde silt ve kil boyutundaki malzeme ile birlikte organik madde kalıntıları da içerir (Akın ve ark., 2015).

Erciş ve çevresine ilişkin detaylı bir çalışma, bölgeyi etkileyen ana fay zonlarının Erciş-Muradiye fayı, Koçapınar fayı, Zilan fayı, Çaldıran fayı, Çakırbey fayı ve güneyde Adıgüzel-Özalp fayı ile Van yerleşimi yakınlarındaki Van fayı olduğunu göstermektedir (Şengül ve ark., 2012; Koçyigit, 2012). Erciş fayı olarak da bilinen ana fay, batıda Erciş ilçe yerleşiminin kuzeybatısından başlayıp doğuda Muradiye ovasına kadar uzanmaktadır. Sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde olan bu fay, birbirine paralel ve aynı karakterde birçok kısa faydan oluşmaktadır (Şengül ve ark., 2012). Bu faylar Etrüsk volkanının güncel patlamalarına ve Erciş Ovası'nın oluşumuna katkıda bulunmuştur.

Erciş fayı Muradiye ovası içinde morfolojik bir özellik göstermemekle birlikte, 23 Ekim 2011 Van depremi sonrası bölgesel sismik aktivite sırasında ova kenarında gözlenmiştir (Akın ve ark., 2015). Erciş ilçesinin 15 km doğusunda yol

kenarında gözlenebilen Erciş fayı yaklaşık 85 derece kuzeye eğimlidir ve 30-40 cm kalınlığında çimentolaşmış ezik bir zona sahiptir (şengöl ve ark., 2012). Fay zonu boyunca farklı dönemlerde faylanmaların meydana geldiği ve düşey bindirmelerin bazen 1,5 m'ye ulaştığı açıkça görölmektedir (Akın ve ark., 2015).

Kocapınar Fayı, Erciş ilçesini ve çevresini etkileyen ilçenin batısında konumlanan ve ismini de, Kocapınar beldesinden alan önemli faylardan biridir. Kocapınar Fayı, aletsel dönemde aktiflik gösteren ve yaklaşık 15-20 kilometre uzunluğunda olan bir doğrultu atımlı faydır. Fay, sağ yönlü bir hareketle karakterizedir, yani yan yana iki blok arasında yatay hareket oluşur.

Erciş ovası içerisine doğrudan uzanan bu fay gözlenmemektedir; ancak Kocapınar beldesi güneyindeki dere yatağını takip ederek uzanır. Fay boyunca yoğun su çıkışları gözlenmektedir, bu da fayın aktivitesinin bir göstergesi olabilir. Kocapınar Fayı'nın varlığı, bölgenin jeolojik yapısının ve tektonik aktivitesinin bir sonucudur. Faylar genellikle büyük kara parçalarının hareketi sırasında oluşur ve bu da depremlerin meydana gelme olasılığını artırır. Bu nedenle, Kocapınar Fayı gibi fay hatları, yerel topluluklar için potansiyel tehlike kaynakları olarak önemlidir ve jeolojik risk değerlendirmelerinde dikkate alınmalıdır.

Bölgeyi etkileyebilecek bir diğer önemli fay zonu Çaldıran Fay Zonu'dur. Bu fay zonu halen aktif durumdadır ve 1976 yılında meydana gelen M 7.3 büyüklüğündeki depremde belirgin bir rol oynamıştır. Bu depremde, sağ yönde 3.7 metre üzerinde maksimum atım gerçekleşmiştir. Çaldıran Fay Zonu, özellikle Erciş ilçesinde ciddi hasarlara neden olmuştur. Özellikle Erciş'in kuzeyindeki köylerde büyük yıkımlara yol açmıştır. Bu fay zonu, yaklaşık 60 kilometre uzunluğunda ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanır. Sağ yönlü doğrultulu atımlı bir yapıya sahiptir, yani yan yana iki bloğun yatay hareketiyle karakterizedir.

Van fayı ve benzeri kuzey yönlü fayların tekrar aktif hale gelmesi durumunda başta Erciş, Muradiye, Ünseli, Koapınar, elebibağ ve civar köyler olmak üzere kuzeydeki önemli yerleşim yerleri ciddi şekilde etkilenebilir. Bu fayların aktiflik kazanması, bölgede şiddetli depremlerin meydana gelme olasılığını artırabilir.

Kuzeye eğimli bindirme karakterli faylar, bir bloğun diğerinin üstüne doğru hareket ettiği ve bu nedenle kara parçalarının yukarı doğru itildiği faylardır. Bu tür bir hareket, genellikle büyük ölçekli depremlere yol açar ve çevrede ciddi hasarlara neden olabilir.

Erciş ve çevresi, bu tür fayların etkisine açık bir konumda bulunmaktadır çünkü fay hatları genellikle yakın yerleşim alanlarına yakın geçmektedir. Bu durum, yerel yönetimlerin ve toplumların deprem hazırlığı ve afet yönetimi konularında özellikle dikkatli olmalarını gerektirir.

1.3. Yeraltısıyu durumu

Erciş yerleşkesi ve çevresi, genellikle topoğrafya olarak düz bir alana kurulmuştur. Yapılan sondaj kuyularında yer alan yeraltı suyu derinlikleri incelendiğinde, genellikle yeraltı suyunun sığ olduğu gözlenmektedir (0.2 m ile 11 m arasında değerşmektedir). Erciş yerleşkesindeki göl çökellerinde yeraltı suyu genellikle 6 m'den daha derinde bulunurken, Van Gölü'ne yaklaşıldıkça 2 m'den daha sığ derinliklere rastlanabilir. Özellikle güncel alüvyon çökellerde yeraltı suyu seviyesi oldukça sığdır (<4 m).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, ölçeği 1:25.000 ve paftası J50c3 numaralı olan topoğrafik harita kullanılarak inceleme alanının topoğrafik özellikleri belirlendi. Bu harita üzerinde, sondaj noktalarının konumları doğrulandı. Ayrıca, Mta tarafından hazırlanmış olan, Erciş yerleşkesi ve çevresini kapsayan 1:25.000 ölçeğindeki jeolojik birimlerin dağılımlarını ve bölgede etkili tektonik yapıların tespiti için bu haritalardan istifade edinilmiştir.

Çalışmanın odak noktasını, farklı kurumlar tarafından farklı tarihlerde gerçekleştirilen toplam 165 sondaj verisi (Tablo 1) oluşturdu. Sıvılaşma potansiyeli, bu 165 adet sondaj kuyusundan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri, sıvılaşma potansiyelinin

belirlenmesinde kullanılmak üzere yapılmış olan standart penetrasyon deneyi (SPT) neticeleri ve çalışma alanlarındaki zemin birimlerinin tane boyu dağılımları gibi fiziksel özellikler kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Çalışma amacı için faydalanan jeoteknik sondajlara ait veriler

SONDAJ NO	KOORDİNAT		Derinlik (m)	Yeraltısı Derinliği (m)	SONDAJ NO	KOORDİNAT		Derinlik (m)	Yeraltısı Derinliği (m)
	X	Y				X	Y		
SK-2	357826	4321522	10	9	SK-47	359972	4318891	20	2.5
SK-3	358992	4320777	16	5	SK-48	359957	4318926	20	2.5
SK-4	359014	4320764	15	5	SK-49	357169	4321219	20	3
SK-5	359029	4320754	15	5	SK-50	357201	4321200	20	3
SK-6	359059	4320749	15	5	SK-51	357211	4321216	20	3
SK-7	358954	4320732	20	4.5	SK-52	357178	4321232	20	3
SK-8	358967	4320752	17	4.5	SK-53	357192	4321214	20	3
SK-9	358985	4320775	20	4.5	SK-54	358372	4316353	24	3.5
SK-10	358969	4320717	18	4.7	SK-55	358409	4316261	24	3.5
SK-11	358985	4320738	19	4.7	SK-56	358498	4316294	24	2.5
SK-12	359003	4320760	20	5	SK-57	358429	4316189	24	2.5
SK-13	358992	4320702	19	5	SK-58	358532	4316223	27	2
SK-14	359006	4320722	20	4.7	SK-59	358430	4316130	27	2
SK-15	359018	4320747	18	5	SK-60	358354	4316255	20	1.5
SK-16	359009	4320692	18	5	SK-61	357188	4319984	15	4.5
SK-17	359021	4320713	19	5	SK-62	357145	4320071	15	4.5
SK-18	359036	4320737	18	5	SK-63	355267	4321835	15	4.5
SK-19	359025	4320683	20	5	SK-64	355297	4321846	15	4.5
SK-20	359042	4320703	19	5	SK-65	359367	4321371	15	2
SK-21	357020	4320555	15	4.5	SK-66	359394	4321364	15	2
SK-22	357099	4320532	15	4.5	SK-67	355779	4324017	15	2
SK-23	357079	4320608	10	4.5	SK-68	356419	4325453	15	2.5
SK-24	359376	4321288	10	9	SK-69	357014	4318726	15	4
SK-25	359406	4321313	10	9	SK-70	353901	4318353	15	4.5
SK-26	357928	4321091	15	4.5	SK-71	353925	4318379	15	4.5
SK-27	357910	4321092	10	4.5	SK-72	357191	4321344	15	4
SK-28	359096	4320136	10	2.5	SK-73	357170	4321320	15	4
SK-29	359082	4320147	10	2.5	SK-74	359374	4321294	10	8.5
SK-30	355460	4322150	10	9	SK-75	358801	4320760	10	9
SK-31	355468	4322168	10	9	SK-76	358178	4317074	40	1
SK-32	360084	4320111	15	11	SK-77	358051	4317219	20	1.5
SK-33	360064	4320151	11	11	SK-78	357808	4317454	20	0.8
SK-34	358058	4321236	15	3	SK-79	359702	4317488	20	0.8
SK-35	358047	4321239	15	3	SK-80	359940	4317906	20	0.2
SK-36	356669	4321287	20	6	SK-81	360781	4317956	20	0.75
SK-37	356688	4321280	20	7.5	SK-82	359872	4318550	20	2.2
SK-38	356714	4321278	20	7.5	SK-83	360527	4318194	40	2
SK-39	356723	4321301	20	10.5	SK-84	353917	4324531	30	0.5
SK-40	356667	4321305	20	10.5	SK-85	354573	4324427	20	1
SK-41	356718	4321362	20	10	SK-86	354969	4324036	30	1
SK-42	356756	4321341	20	10	SK-87	354670	4373997	20	0.5
SK-43	356757	4321372	20	10	SK-88	354023	4323932	20	0.5
SK-44	356721	4321371	20	7.5	SK-89	354190	4323523	20	0.7
SK-45	359941	4318919	20	2.5	SK-90	354812	4323548	20	0.5

Tablo 1. Çalışma amacı için faydalanan jeoteknik sondajlara ait veriler (devamı)

SONDAJ NO	KOORDİNAT		Derinlik (m)	Yeraltısı Derinliği (m)	SONDAJ NO	KOORDİNAT		Derinlik (m)	Yeraltısı Derinliği (m)
	X	Y				X	Y		
SK-91	354983	4323306	25	1	SK-136	356704	4320663	20	6
SK-92	354559	4323387	20	1	SK-137	356795	4319798	20	11
SK-93	353875	4323299	20	1	SK-138	357317	4319777	20	3.5
SK-94	353719	4322862	30	1	SK-139	357912	4319726	20	3
SK-95	354339	4322794	20	0.5	SK-140	358420	4319727	25	1.5
SK-96	354721	4322775	20	1	SK-141	358970	4319757	35	0.5
SK-97	355126	4322607	20	1	SK-142	359508	4319756	20	6
SK-98	354573	4322167	23	1	SK-143	357019	4318647	20	4
SK-99	354018	4322284	20	1	SK-144	360580	4319072	20	10
SK-100	353523	4322211	20	1	SK-145	360051	4319213	25	4
SK-101	353914	4321701	20	1	SK-146	359545	4319074	20	1
SK-102	354647	4321637	20	1	SK-147	358993	4319210	30	2
SK-103	354937	4321945	20	1	SK-148	358356	4319044	20	1
SK-104	355029	4321138	24	1	SK-149	357885	4319174	20	1
SK-105	354567	4321032	30	1	SK-150	357603	4318769	20	1
SK-106	354200	4321020	20	1	SK-151	357392	4318330	20	1
SK-107	354147	4320567	20	1.5	SK-152	357865	4318298	25	2
SK-108	354824	4320202	20	1	SK-153	358492	4318374	30	2
SK-109	354589	4319896	20	1	SK-154	358956	4318376	35	1.5
SK-110	354037	4319947	20	1	SK-155	359515	4318468	20	4
SK-111	354458	4319433	20	1	SK-156	360127	4318645	20	1
SK-112	354874	4318973	35	0.5	SK-157	360560	4318641	20	8
SK-113	355303	4319147	20	0.7	SK-158	359586	4317703	20	1
SK-114	355300	4319477	25	1	SK-159	358818	4317838	20	1.5
SK-115	354962	4322970	30	1	SK-160	358426	4317796	20	1
SK-116	354796	4319557	30	1	SK-161	357871	4317693	20	1
SK-117	356980	4320512	20	5	SK-162	357414	4317813	25	1
SK-118	356980	4320471	20	5	SK-163	358457	4317124	20	1
SK-119	357015	4320509	20	5	SK-164	358931	4317107	20	1
SK-120	359316	4321752	20	10	SK-165	359309	4317398	25	4
SK-121	359831	4321831	25	8					
SK-122	358350	4321809	20	8					
SK-123	357826	4321823	25	8					
SK-124	357315	4321804	20	3					
SK-125	356833	4321555	25	10					
SK-126	357348	4321207	25	2					
SK-127	357827	4321115	20	2					
SK-128	358396	4321116	22	8					
SK-129	358946	4321140	20	8					
SK-130	359472	4321121	15	10					
SK-131	359538	4320512	25	10					
SK-132	358984	4320520	25	7					
SK-133	358427	4320486	30	7					
SK-134	357865	4320478	25	6					
SK-135	357278	4320552	20	3					

2.2. Yöntem

Toplamda 165 adet sondaj kuyusuna ait veriler derlenmiştir, bu veriler çeşitli kamu kurumları ve özel kuruluşlar tarafından standartlara uygun olarak elde edilmiştir. Bu veriler, Erciş ve çevresinin sıvılaşma potansiyelini belirlemek için kullanılmıştır. Veri tabanı, farklı seviyelerde yapılan Standart Penetrasyon Testi (SPT) deneylerine ait darbe sayıları, yeraltı suyu

seviyeleri, laboratuvar deney sonuçları gibi çeşitli bilgileri içermektedir.

Bu çalışmada, Idriss ve Boulanger (2006) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak devirsel dayanım oranı ile devirsel gerilme oranı arasındaki ilişki incelendi. Sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörleri göz önünde bulundurularak, çalışmada dikkate alınan 165 kuyunun sıvılaşma potansiyeli Iwasaki ve diğerleri (1982) tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli indeksi (LPI) ve Sönmez ve

Gökceoğlu (2005) tarafından önerilen sıvılaşma şiddeti indeksi (LSI) kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sıvılaşma potansiyeli değerlerine göre ArcMap v.10 programı kullanılarak LPI ve LSI değerleri kullanılarak Erciş yerleşimi için iki ayrı sıvılaşma potansiyeli haritası üretilmiştir.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verilerine dayalı olarak sıvılaşma analizleri yapılmasında, Idriss ve Boulanger (2006, 2008) yöntemi kullanıldı ve tekrarlı gerilme yaklaşımı esas alındı. Magnitüd derecelendirme faktörü (MSF) etkisi altında, devirsel dayanım oranı (CRR) tekrarlı (devirsel) gerilme oranına (CSR) oranlandı ve bu sayede sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayıları (FS) belirlendi.

$$“FS = \frac{CRR}{CSR} MSF” \quad (1)$$

Yukarıdaki formülasyona göre sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (FS), 1'den küçük bir değere sahip ise sıvılaşma olayı gerçekleşeceği, 1'e eşit olduğunda sıvılaşma açısından potansiyele sahip olduğu, 1.2'den büyük olduğunda da sıvılaşma olayı meydana gelmemektedir. (Seed ve Idriss, 1982) (Tablo 2). Ulusay ve Tosun (1999), zeminin sıvılaşma potansiyelinin tespit çalışmaları için genel bir referans olarak sıvılaşma analizlerinde, sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının (FS) aşağıdaki değer aralıklarına göre değerlendirilmesini önermiştir:

- FS < 1: Sıvılaşma potansiyeli yüksek
- $1 \leq FS < 1.2$: Sıvılaşma potansiyeli var, ancak sıvılaşma belirsiz
- FS ≥ 1.2 : Sıvılaşma potansiyeli düşük, sıvılaşma olasılığı düşüktür.

Tablo 2. Zeminin sıvılaşma potansiyelinin (FS) belli aralıklara göre tanımlanması (Ulusay ve Tosun (1999))

Sıvılaşma Güvenlik Katsayısı	Sıvılaşma
FS ≤ 1	Sıvılaşma gözlenir
$1 < FS \leq 1.2$	Potansiyel sıvılaşma
FS > 1.2	Sıvılaşma gözlenmez

Idriss ve Boulanger (2010) yaklaşımının hesaplama ayrıntıları ve genel özellikleri aşağıda sunulmuştur

$$“(N_1)_{60CS} = (N_1)_{60} + \Delta (N_1)_{60CS}” \quad (2)$$

$$“\Delta (N_1)_{60CS} = \exp[1.63 + (\frac{9.7}{FC+0.01}) - (\frac{15.7}{FC+0.01})^2]” \quad (3)$$

$$“CRR_{7.5} = \exp [\frac{(N_1)_{60CS}}{14.1} + (\frac{(N_1)_{60CS}}{126})^2 + (\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6})^3 + (\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6})^4 - 2.8]” \quad (4)$$

Idriss ve Boulanger (2010), CSR bağıntısının hesaplanmasında kullanılan bazı değerlerin orijinal versiyonlarına göre aşağıda belirtilen değişiklikleri önermişlerdir.

$$“CSR = 0.65(\frac{a_{max}}{g})(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}})r_d” \quad (5)$$

$$“r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z)M_w]” \quad (6)$$

$$“\alpha(z) = -1.012 + 1.126 \sin(\frac{z}{11.73} + 5.133)” \quad (7)$$

$$“\beta(z) = 0.106 + 0.118 \sin(\frac{z}{11.28} + 5.142)” \quad (8)$$

$\alpha(z)$ ve $\beta(z)$ derinliğe bağlı olan bir sinusoidal korelasyon eğrisini ifade etmektedir.

2.2.1. Sıvılaşma potansiyeli indeksi (LPI)

Iwasaki ve ark. (1982) tarafından belirlenen Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI), sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, devirsel gerilme metoduyla ilgilidir (Liyanapathirana ve Poulos, 2005). LPI tabakaların sıvılaşan ve sıvılaşma olmayan kalınlığı, derinliği Sıvılaşma Güvenlik Faktörlerine bağlıdır. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi, sıvılaşabilir tabakaların potansiyel sıvılaşma durumunu değerlendirmek için bir ölçüt sunar. Aşağıda verilen denklemle her tabakanın sıvılaşma potansiyeli indeksi (LPI) hesaplanabilir. Ayrıca, bir kuyuya ait olan Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) değeri, tüm tabakaların tek tek LPI değerlerinin toplamına eşittir.

$$“LPI = \int_0^z F(z)W(z)dz” \quad (9)$$

Burada, "z" yüzeyden sonra sıvılaşan seviyenin metre cinsinden tabaka derinliğini, "F(z)" sıvılaşma güvenlik katsayısını ve "W(z)" ağırlık faktörünü ifade eder. Bu değerler aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenir.

$$“W(z) = 10-0.5z \quad z < 20 \text{ m}” \quad (10)$$

$$“FS \leq 1.0 \text{ ise } F = 1-FS” \quad (11.a)$$

$$“FS > 1.0 \text{ ise } F = 0” \quad (11.b)$$

Derinlik olarak 20 metreden sonra sıvılaşma olayının vuku bulmamasından dolayı, "z" değerinin 20 m'den küçük olduğu durumlar için kullanılmasının temel nedeni olarak geçmişte meydana gelen depremlerin incelenmesi gösterilebilir.

$$“FS = 0 \text{ } z = 20 \text{ metre için } LPI = 100 \text{ (max)}” \quad (12.a)$$

$$“FS \geq 1 \text{ koşulunda ise } LPI = 0 \text{ (min)}” \quad (12.b)$$

Farklı zemin seviyelerini içeren bir yığında, her bir seviye için sıvılaşma potansiyeli indeksi (LPI) değeri ayrı ayrı hesaplanır. Her bir zemin seviyesi için hesaplanan LPI değeri, o seviyenin üstünde bulunan diğer seviyelerin LPI değerlerinin toplamına eşittir. Sıvılaşma potansiyeli indeksi (LPI)'nin toplam karşılığı belirlendikten sonra, zeminin sıvılaşma riskini değerlendirmek için sıvılaşma potansiyeli indeksi hesaplanır (Iwasaki ve ark., 1982) (Tablo 3).

Tablo 3. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) ve sıvılaşma riski dereceleri (Iwasaki ve ark., 1982)

Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI)	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Çok düşük
$0 < LPI \leq 5$	Düşük
$5 < LPI \leq 15$	Yüksek
$LPI > 15$	Çok yüksek

2.2.2. Sıvılaşma şiddeti indeksi (LSI)

Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI), LPI yöntemine kıyasla farklı sınır değerlerine sahiptir (Tablo 4). Sönmez ve Göçeoğlu (2005), sıvılaşma potansiyel indeksi bağıntısına Eşitlik 14.a'yı ekleyerek Sıvılaşma Şiddeti İndeksini önermişlerdir. Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI)

hesaplanması için gerekli olan denklem aşağıda verilmiştir.

$$“LSI = \int_0^z P(L)W(z)dz” \quad (13)$$

Yukarıdaki eşitlikte verilmiş olan P_L (sıvılaşma olasılığı) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$“P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{FS}{0.96}\right)^{4.5}} \quad FS \leq 1.411 \text{ için}” \quad (14.a)$$

$$“P_L(z) = 0 \quad FS > 1.411 \text{ için}” \quad (14.b)$$

$$“W(z) = 10 - 0.5z \quad z < 20 \text{ m}” \quad (14.c)$$

Andrews ve Martin (2000) tarafından belirlenen bir zemin için $FS > 1.411$ şartını sağlayan durumlarda, kil içeriği ve likit limiti temel alınarak bir duyarlılık ölçütü

kullanılarak "sıvılaşmaz" olarak değerlendirilmiş ve sıvılaşma alt sınırı 1.411 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4. Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) sınıfları (Sönmez ve Gökçeoğlu, 2005)

Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI)	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Sıvılaşmaz
$0 < LSI < 15$	Çok düşük
$15 \leq LSI < 35$	Düşük
$35 \leq LSI < 65$	Orta
$65 \leq LSI < 85$	Yüksek
$85 \leq LSI < 100$	Çok yüksek

Bu veriler ışığında Erciş içi ve çevresi için 165 adet sondaj kuyusu için hesaplanan Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) ve Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) değerleri temel alınarak CBS tabanlı ArcMap 10 yazılımı kullanılarak iki ayrı sıvılaşma potansiyeli haritası hazırlanmıştır.

3.Bulgular

3.1. Erciş yerleşkesi için sıvılaşma potansiyelinin ortaya konulması

SPT-N darbe sayıları ile çalışma alanı için sıvılaşma güvenlik faktörlerini ve sıvılaşma potansiyelini belirlemek için, önceki jeoteknik araştırmalardan elde edilen veriler toplanmış ve zemin tipi, SPT-N parametreleri ve yeraltı suyu derinliğinin dikkate alındığı bir hesaplama bölümüne geçilmiştir. Bu aşamada, literatürde yüzeyden başlayarak ilk 20 m'lik bölgenin sıvılaşma açısından önemli olduğu belirtildiği için sondaj kuyularının ilk 20 m'si dikkate alınmıştır. Hesaplamalar, yeraltı suyunun üzerindeki seviyelerin doygun olmadığı varsayımına dayandırılmış ve hesaplama dahil edilmemiştir.

Sıvılaşma potansiyeli endeksi (LPI) sıvılaşabilen ve sıvılaşmayan katmanların kalınlığına, sıvılaşma güvenlik faktörüne ve derinliğine bağlı olarak belirlenir. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI), denklem 10, 11.a ve 11.b'den elde edilen değerlerin denklem 9'da yerine konulmasıyla hesaplanabilir. Bu işlem her bir seviyedeki LPI değerini hesaplar ve

özetler ve ardından saha için LPI değerini belirler ve Tablo 3'ü kullanarak yorumlar.

Ayrıca, sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde genellikle kullanılan diğer bir yöntem olan Sıvılaşma Şiddeti İndeksi hesaplanır iken, Eşitlik 14.a, 14.b ve 14.c'deki değerler bulunur ve ardından Eşitlik 13'e yerine konarak her bir seviye için LSI değeri hesaplanır. Sonrasında, elde edilen LSI değerleri Tablo 4 kullanılarak yorumlanır (Tablo 5).

3.2. Erciş yerleşkesinin sıvılaşma potansiyeli endeksi (LPI)

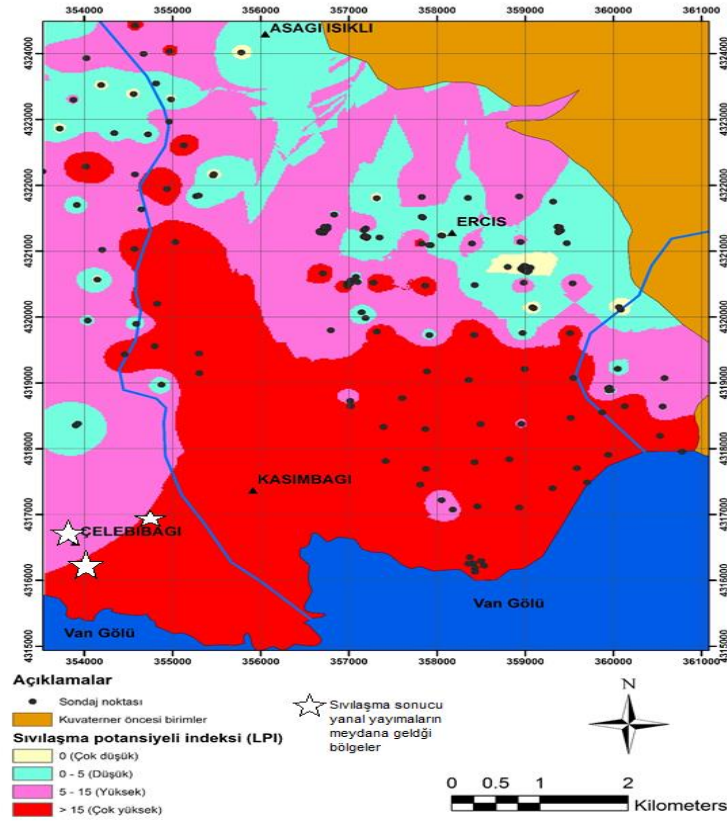
Şekil 2'de Erciş ilçe merkezinde (LPI) yöntemine kullanılarak hazırlana haritaya göre, Erciş bölgesinin batısında kalan Zilan ve İrşat Deresi'nin mevcut alüvyonlarında, düşük su tablası ve gevşek kumlu zeminler nedeniyle sıvılaşma potansiyelinin yüksek ve çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, Erciş yerleşkesinin konumlandığı bölgedeki eski alüvyonlu arazide sıvılaşma potansiyelinin genellikle çok düşük ve ihmal edilebilir düzeyde olduğu, ancak bazen dalgalanmaların olduğu tespit edilmiştir. Erciş İlçe merkezinden Van Gölü'ne doğru gidildikçe sıvılaşma potansiyeli artmaktadır. Zilan Deresi boyunca düşük sıvılaşma potansiyeline sahip kuyular bulunmasına rağmen, LPI yöntemine göre bu alandaki sıvılaşma potansiyeli yüksek bulunmuştur. Çelebibag'ın kuzeyi ve Zilan Deresi'nin batısında sıvılaşma potansiyeli çok düşük ila düşüktür (Akın ve ark., 2015).

Tablo 5. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (Iwasaki ve ark., 1982) ve Sıvılaşma Şiddeti İndeksi Excel hesaplama sayfası örneği (Sönmez ve Gökçeoğlu, 2005)

Derinlik (m)	SPT-N	Zemin türü (USCS)	İnce tane oranı (FC) (%)	(N ₁) ₆₀	CSR	CRR	Güvenlik katsayısı (FS)	Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI)*	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI)**
1.5	44	SP-SM	15	38.6	0.26	n.a.	n.a.	0.00	0.00
3	34	CL	6	n.a	0.31	n.a.	n.a.	0.00	0.00
4.5	44	SP-SM	10	37.2	0.36	2.00	2.00	0.00	0.00
6	34	SP-SM	30	27.4	0.38	0.79	2.00	0.00	0.00
7.5	23	SP-SM	10	17.8	0.40	0.20	0.50	4.41	8.37
9	23	SP-SM	10	17.6	0.40	0.19	0.48	4.03	7.37
10.5	44	SP-SM	10	32.1	0.41	0.77	1.90	0.00	0.00
12	34	SP-SM	33	23.7	0.41	0.42	1.04	0.00	2.24
13.5	44	SP-SM	33	29.9	0.40	1.11	2.00	0.00	0.00
15	6	SP-SM	30	3.6	0.40	0.11	0.27	2.33	3.18
16.5	56	SP-SM	12	36.3	0.39	1.72	2.00	0.00	0.00
18	57	SP-SM	68	36.5	0.38	1.68	2.00	0.00	0.00
19.5	44	SP-SM	68	26.6	0.38	0.57	1.51	0.00	0.00
Toplam Sıvılaşma Potansiyeli								LPI 10.77	LSI 21.16
								Yüksek	Düşük

* Iwasaki ve ark. (1982)

** Sönmez ve Gökçeoğlu (2005)

**Şekil 2.** Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (LPI) yönteminden yararlanılarak oluşturulan Erciş ve çevresine ait sıvılaşma potansiyeli haritası

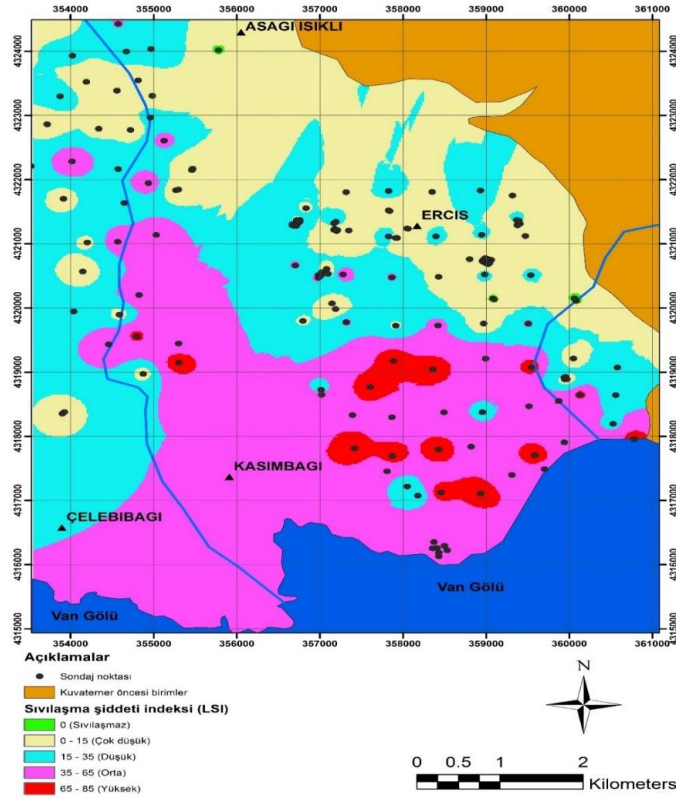
3.3. Erciş yerleşkesinin sıvılaşma şiddeti indeksi (LSI)

Sıvılaşma Şiddeti İndeksine göre genellikle yerleşim merkezinin güney

kısımlarında bulunan alanlarda sıvılaşma potansiyeli yüksek olduğu tespit edilmiştir. Zılan Çayı ve İrşat Derelerinin Van Gölü'ne aktığı alüvyon sahasında sıvılaşma

potansiyeli genellikle orta derecede olarak tayin edilmiştir. Eski göl çökellerinde ise sıvılaşma potansiyelinin çok düşük ve düşük olduğu gözlemlenmiştir. Merkezi kısımlarda ise sıvılaşma potansiyelinin hiç olmadığı alanlar olduğu görülmektedir. LSI

yöntemi sıvılaşma potansiyelinin Van Gölü'ne yaklaştıkça arttığını göstermesine rağmen, LPI yönteminin aksine, Van Gölü kıyı şeridi boyunca orta derecede bir sıvılaşma potansiyelinin olduğu bulunmuştur (Şekil 3) (Akın ve ark., 2015).



Şekil 3. Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) yönteminde yararlanılarak oluşturulan Erciş ve çevresine ait sıvılaşma potansiyeli haritası

4. Tartışma ve Sonuç

Erciş bölgesinin sahip olduğu zemin parametreleri ve tektonik açıdan incelendiğinde, çalışma alanının büyük ölçüde sıvılaşma potansiyelinin olduğu sonucuna ulaşılabilir. Van Gölü'nün kıyı şeridi boyunca gevşek kumlu topraklar ve sık yeraltı suyu nedeniyle sıvılaşma potansiyeli yüksek, ilçenin orta kesiminde orta ila yüksek ve kuzey bölgelerinde düşüktür. Değerlendirmeler, eski alüvyonun sıvılaşma potansiyelinin genellikle orta-düşük olduğunu belirlemiştir.

Erciş ilçesindeki yerleşim alanlarında Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (LSI) hesaplamaları Sönmez ve Gökçeoğlu'nun

(2005) formülü dikkate alınarak yapılmıştır. Van Gölü'nün kıyı bölgelerinde, güncel alüvyondaki sıvılaşma potansiyeli orta ila yüksek, eski alüvyondaki sıvılaşma potansiyeli ise çok düşük ila düşüktür.

Açıklama

Bu çalışma 2017 yılında "Erciş (Van) Yerleşiminde Sıvılaşmayla İlişkili Olası Yüzey Deformasyonlarının Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden derlenmiştir.

Kaynaklar

- Akın, M., Akın, M.K., Akkaya, İ., Özvan, A., Şengül, M.A., 2015. Erciş (Van) Yerleşim Alanının Sıvılaşma Potansiyelinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2014 HIZ-MIM167.
- Castro, G., Poulos, S.J., France, J.W., Enos, J.L., 1982. Liquefaction induced by cyclic loading. Report Submitted to the National Science Found, Washington D.C., 80 p.
- Durmaz, S.G., Soyaslan, İ.İ., 2023. Zemin sıvılaşmasını denetleyen koşulların ve sıvılaşma nedenli deformasyonların incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2): 401-411.
- İTÜ, 2011. October 23 2011 M7.2 Tabanlı-Van earthquake. İTÜ Report of Faculty of Civil engineering. (www.eedmi.itu.edu.tr/Van_Depremi/index.html), (Erişim Tarihi: 10.02.2024).
- Idriss, I.M., Boulanger, R.W., 2006. Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26: 115–30.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., Sato, H., 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *Proceedings of the 3rd International Conference on Microzonation*, 3(2): 1310-1330.
- JMO, 2011. Van depremleri (Tabanlı-Edremit) raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No.110, 48 p.
- Karanlık, S., 2006. Hatay Altinköy çevresinin zemin sıvılaşma riskinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Köse, Ö., Aras, A., Babayiğit, S., Mercan, Ç., 2011. Van Depremi (23 Ekim 2011, M:7.2), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Raporu.
- Mollamahmutoğlu, M., Babuçcu, F., 2006. Zeminlerde Sıvılaşma: Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi.
- MTA, 2007. Van İlinin Yer Bilim Verileri, Ankara.
- MTA, 2008. Van K50 Paftası Jeoloji Haritası, Ankara.
- METU/EERC, 2011. 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van depremi sismik ve yapısal hasara ilişkin saha gözlemleri. Ankara, Rapor No: METU-EERC 2011-4, 76 p.
- MTA, 2011. 23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler. (http://www.mta.gov.tr/v2.0/deprem/2011_Van-Depremi_On_Degerlendirmeler.pdf), (Erişim Tarihi: 10.02.2024).
- Oyan, V., 2011. Etrüsk volkanı ve yakın çevresinin (Van Gölü kuzeyi) volkanostratigrafisi, petrolojisi ve magmatik evrimi. Doktora tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Sonmez, H., Gokceoglu, C., 2005. A liquefaction severity index suggested for engineering practice. *Environmental Geology*, 48: 81–91.
- Şengül, M.A., Koral, H., Altuncu S., 2012. 9 Kasım 2011 Van Depremi olası kaynak fayı ve etkileri. 16. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) Çalıştayı*, Bildiri Özleri Kitabı, İstanbul, 38.

Atıf Şekli: Ertuğ, L., 2024. Van'ın Erciş İlçesinin Sıvılaşma Potansiyeli. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 360–372.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11743304>.

To Cite: Ertuğ, L., 2024. Liquefaction Potential in Erciş District of Van. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 360–372.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11743304>.

Developing Directional Overcurrent Relay Without Voltage Input

Semih ŞENYÜZ ^{1*}, Mustafa BAYSAL ¹, İbrahim EVKAY ^{1,2}

¹ Yıldız Technical University, Electrical-Electronics Faculty, Electrical Engineering Department, Istanbul

² Dogus University, Advanced Vocational School, Electrical Program, Istanbul

*Corresponding author: senyuzsemih@yahoo.com

Received: 01.03.2024

Accepted: 15.04.2024

Abstract

With the rapidly increasing population and industrialization, the demand for electrical energy is constantly rising. This situation makes it inevitable to adopt new and innovative approaches in the production and distribution of electrical energy. In order to reduce dependence on traditional fossil fuel sources and minimize environmental impacts, there is a growing demand for renewable energy sources. In this context, electricity generated from renewable energy sources such as wind, solar, and hydroelectric power is becoming increasingly important. However, the use of these renewable energy sources poses some challenges in electricity transmission and distribution systems. Particularly, the uncontrolled power flow in power distribution, in addition to traditional energy transmission networks, can hinder the efficient and safe operation of integrated renewable energy sources in electrical systems. At this point, Directional Overcurrent Relays offer an effective solution to enhance safety and efficiency in electrical systems. Directional overcurrent relays detect the direction of overcurrent in electrical systems, ensuring maximum power transfer even in fault conditions, and play a significant role in the integration of renewable energy sources into the system, thereby enhancing its stability and reliability. In this study, a prototype of a Voltage Transformerless Directional Overcurrent Relay, which brings a new perspective to Directional Overcurrent Relays, has been developed, tested in fault conditions, and the results have been shared. Additionally, recommendations will be provided for the wider implementation of Voltage Transformerless Directional Overcurrent Relays in existing electrical transmission and distribution systems.

Keywords: Renewable energy, electrical power system faults, directional overcurrent relay

1. Introduction

Energy sector dynamics are evolving rapidly, propelled by the widespread adoption of renewable energy sources. This transition introduces a new paradigm in energy management, characterized by decentralized generation and fluctuating supply patterns. Solar panels dot rooftops, wind turbines adorn landscapes, and hydroelectric dams harness the power of flowing water, all contributing to a diverse and distributed energy landscape.

However, this decentralization also poses challenges. Unlike centralized power plants, renewable energy sources are often intermittent and geographically dispersed. This decentralized nature increases the complexity of energy distribution, making the grid more susceptible to disruptions such as short circuits and overloads.

In response to these challenges, innovative solutions are imperative. Directional overcurrent protection systems play a pivotal role in safeguarding the grid against faults by swiftly detecting and isolating abnormal conditions. These systems not only enhance grid reliability but also enable the seamless integration of renewable energy resources, facilitating the transition towards a sustainable energy future.

Directional overcurrent relays consist of a typical overcurrent unit along with an additional component that determines the power flow direction in the connected distribution system element. This additional component generally needs a reference signal, apart from the relay current, to measure the fault angle and decide whether the relay should be triggered. Typically, this reference or polarization signal is a voltage, though it can also be provided as a current input. (Gers et al., 2004).

2. Essential features of over-current relays

Overcurrent relays constitute a fundamental part of safety and protection measures in power systems. The specific features that overcurrent relays need to possess are critical to ensuring the

reliability of power systems and minimizing faults.

Firstly, sensitivity is crucial. Overcurrent relays must swiftly and accurately detect any abnormal conditions within the network. This allows for immediate response to overloads, short circuits, or other fault conditions, preventing significant damage to the system.

Secondly, selectivity is important. Relays should isolate only the affected area by accurately identifying fault conditions. This helps maintain normal operation in other parts of the network, minimizing disruptions.

Thirdly, flexibility and programmability are required. Considering the complexity and dynamics of power systems, overcurrent relays need to adapt to various scenarios and be adjustable when necessary. This ensures appropriate responses are provided in cases of changing system requirements or updates.

Lastly, communication capabilities are essential. Overcurrent relays should be able to communicate with other protection equipment and control systems. This facilitates easy integration within a comprehensive energy management system, enabling monitoring and management of overall system performance (Elmore, 2003).

All these features enable overcurrent relays to function effectively in terms of reliability, efficiency, and flexibility, thereby optimizing the safety and performance of power systems.

3. Transition to the Digital Relays

The transition from electromechanical to digital protective relays in power system protection is a pivotal advancement reflecting a shift towards more sophisticated technology and operational capabilities. Unlike their electromechanical counterparts, digital protective relays harness digital processing capabilities to provide a myriad of advanced functions and features, including precise fault detection algorithms, accurate fault classification, and extensive data logging capabilities

(Horowitz et al., 2013). One of the key strengths of digital relays lies in their remarkable flexibility and adaptability, allowing for easy configuration to meet evolving system requirements and operational needs. This adaptability makes them particularly well-suited for modern power systems characterized by dynamic operating conditions and evolving network architectures. Moreover, digital protective relays boast improved reliability and robustness owing to their solid-state components and reduced reliance on mechanical parts, resulting in enhanced longevity and reduced maintenance requirements. Furthermore, their seamless integration with smart grid technologies facilitates real-time data exchange and interoperability with advanced monitoring, control, and automation systems, enabling utilities to optimize grid operations, enhance resilience, and support the integration of renewable energy resources. Overall, the transition to digital protective relays signifies a significant leap forward in power system protection, offering unparalleled functionality, flexibility, reliability, and integration capabilities compared to traditional electromechanical relays.

All newly developed next-generation protective relays in recent years are microprocessor-based electronic devices. These devices are also referred to as Intelligent Electronic Devices (IEDs). Analog signals obtained from current and voltage transformers are passed through a filter that protects against high voltages and currents, and then through an antialiasing filter. This filter removes high-frequency components and noise signals from the analog signals, resulting in a smoother waveform.

After being cleansed of high-frequency components by the antialiasing filter, the analog signals proceed to the analog-to-digital converter. Depending on the manufacturer and technology, the number of samples taken varies, but typically, between 4 and 64 samples are taken per

cycle to convert the analog signal into a digital one. These samples are converted into a digital signal by the analog-to-digital converter. Following this conversion, a digital filtering process is applied to separate harmonics and the DC component from the digital signal. After digital filtering, the relay calculates the phase values of the digital signal. Depending on the structure of the relay, the calculated values (such as impedance value for distance protection relays, effective value of current for overcurrent protection, and application time, etc.) are evaluated according to the relay characteristic. If a fault is detected that requires the protective relay to send a trip command to the circuit breaker according to its characteristic, a trip signal is generated to be applied to the trip coil of the circuit breaker by the numerical relay (Sachdev et al., 2004).

4. Directional over current relays

Directional relays are indispensable components of modern power systems, providing essential protection against faults and disturbances. Their primary function is to detect the direction of current flow and activate protective measures when abnormal conditions are detected. By selectively isolating faulted sections of the network, directional relays prevent cascading failures and minimize downtime, ensuring the reliability and stability of the power grid.

These relays operate based on the principle of current direction detection, responding to current flow in a specific direction and remaining inactive when current flows in the opposite direction. This directional sensitivity is achieved through specialized sensing elements such as current transformers and directional elements, which provide information about the direction of current flow relative to the relay's location. When a fault occurs and current flows in the predetermined direction, the directional relay activates protective tripping mechanisms to isolate the faulted section and restore system integrity.

There are several types of directional relays commonly used in power systems, including impedance relays, directional overcurrent relays, and directional power relays. Each type has its unique characteristics and applications, ranging from protecting transmission lines against faults to coordinating protection in distribution networks.

Directional relays offer several advantages, including selective fault detection, rapid response times, and improved system reliability. By accurately identifying fault locations and isolating affected sections, directional relays minimize disruption to the power supply and prevent widespread outages. However, the proper coordination and setting of directional relays can be challenging, especially in complex network configurations with multiple interconnected components. Additionally, false tripping due to external factors such as load fluctuations or system transients can pose operational challenges and require careful calibration and testing.

As power systems continue to evolve with advancements in technology and infrastructure, the role of directional relays in ensuring grid resilience and stability will become increasingly critical. The integration of smart grid technologies, such as synchrophasor measurements and digital communication systems, will further enhance the performance and capabilities of directional relays. By leveraging real-time data and advanced analytics, directional relays can provide predictive fault detection and adaptive protection strategies, enabling

more efficient operation and maintenance of power systems in the future (Horak, 2006).

5. How relay can sense the direction of the current flow?

In situations where fault currents can travel bidirectionally through the relay's position, it becomes crucial to ensure the relay's response is directional. This is accomplished by implementing a directional control mechanism, which employs supplementary voltage inputs to the relay. Fault current can flow in both directions at the relay location, making it necessary to implement a directional control feature to ensure the relay responds appropriately. This feature is achieved by introducing additional voltage inputs to the relay. The traditional directional element operates based on the phase difference between voltage and current phasors at the measurement site. During a fault, the voltage phasor remains relatively stable and is thus referred to as the polarizing quantity, while the current phasor is known as the operating quantity. As shown in Figure 1, because power lines are nearly purely inductive, the current lags the voltage by the fault loop impedance, approximately 90° , for forward faults. Conversely, for reverse faults, the current leads the voltage by 180° minus the fault loop impedance, which is also roughly 90° . Therefore, the sign of the torque product of voltage and current indicates the current flow direction: a positive sign for forward faults and a negative sign for reverse faults. (Alpaslan, 2019).

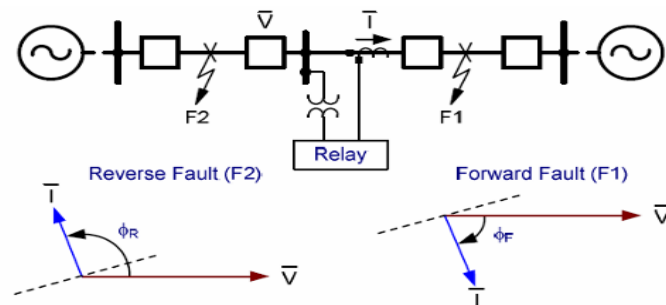


Figure 1. Phase differences in fault conditions

6. Can fault current direction be determined with current alone?

Detecting the direction of a fault by looking only at the current can be challenging in some

situations. However, studies have shown that it is indeed possible. The transmission system, as shown in Figure 2, can be simplified into a single-line diagram

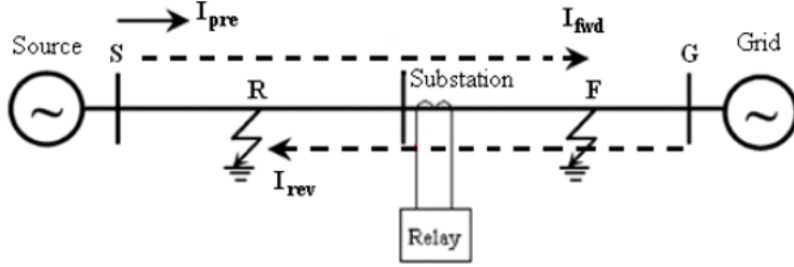


Figure 2. Directional Relay on System

If we divide the system's current into two parts, one before the fault and one after the fault, the pre-fault current (I_{pre}) can be determined using Equation 1.

$$I_{pre} = \frac{V_S - V_G}{Z} \quad (1)$$

If a fault occurs at point R in front of the relay, the current flowing through the relay can be determined using Equation 2.

$$I_{rev} = \frac{V_G}{Z_{GR}} \quad (2)$$

If a fault occurs at point F, the current

flowing through the relay can be determined using Equation 3.

$$I_{fwd} = \frac{V_S}{Z_{SF}} \quad (3)$$

From Equations 2 and 3, the total fault currents in each case can be obtained using Equations 4 and 5.

$$I_F = I_{pre} + I_{fwd} = I_{pre} + \frac{V_S}{Z_{SF}} \quad (4)$$

$$I_R = I_{pre} - I_{rev} = I_{pre} - \frac{V_G}{Z_{GR}} \quad (5)$$

At this point, if we assume the line is inductive, the corresponding currents can be represented in a phasor diagram as shown in Figure 3.

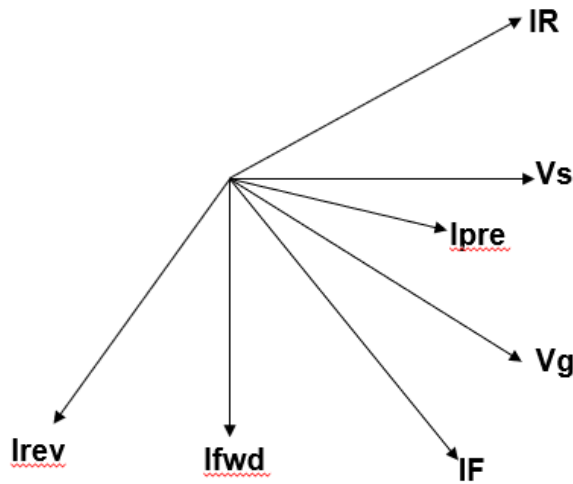


Figure 3. The phasor diagrams for the current-only analysis

If the current before the fault changes in the positive direction, the relay identifies the fault as a reverse fault. If the current changes in the negative direction, the relay understands that the fault is a forward fault. (Ukil, 2016).

7. Proposed current-only directional overcurrent algorithm

The directional overcurrent algorithm we have presented relies on examining the alternation in current between pre-fault and post-fault conditions and makes decisions based on certain operations. It can be seen in Figure 4, this algorithm utilizes a $\Delta i(t)$ function, where the post-fault current is subtracted from the pre-fault current.

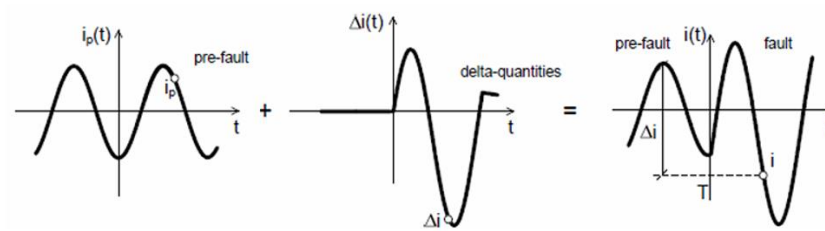


Figure 4. Typical Fault Current

If the fault occurs during a positive alternation and the post-fault current also becomes positive, the delta function will be positive. Since the multiplication of the delta function with the alternation at the time of the fault is positive, indicating a forward fault. Similarly, in the case of a fault occurring during a negative alternation and transitioning to negative alternation

post-fault, the multiplication of - with - results in +, again representing a forward fault. On the contrary, if a fault occurs during a positive alternation and the fault increases in the negative direction, the algorithm understands that it is a reverse fault from the multiplication of + with -. These four scenarios are summarized in Table 1 (Alpaslan, 2019)

Table 1. Sign analysis for forward and reverse type faults

Polarity of at Half Cycle at Fault Inception	Initial Polarity of Delta Current	Fault Direction
+	+	Forward
-	-	Forward
+	-	Reverse
-	+	Reverse

8. Simulation of this phenomenon

As previously explained, in traditional overcurrent direction detection, the direction is determined by looking at the average of the product of the fault current

and voltage at the moment of the fault. In this context in the Figure 5, a simulation is set up in MATLAB Simulink to model a fault between Phase A and Ground.

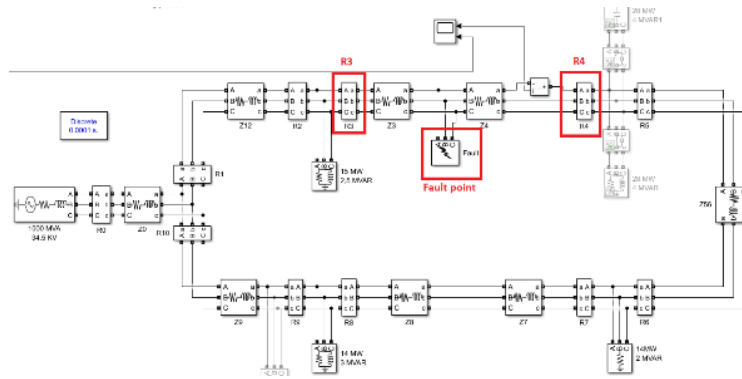


Figure 5. Simulation model of directional protection

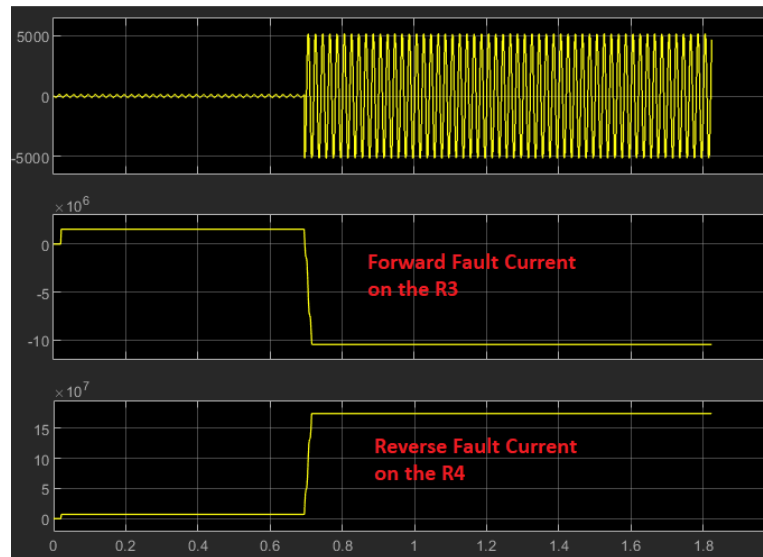


Figure 6. Traditional directional protection algorithm

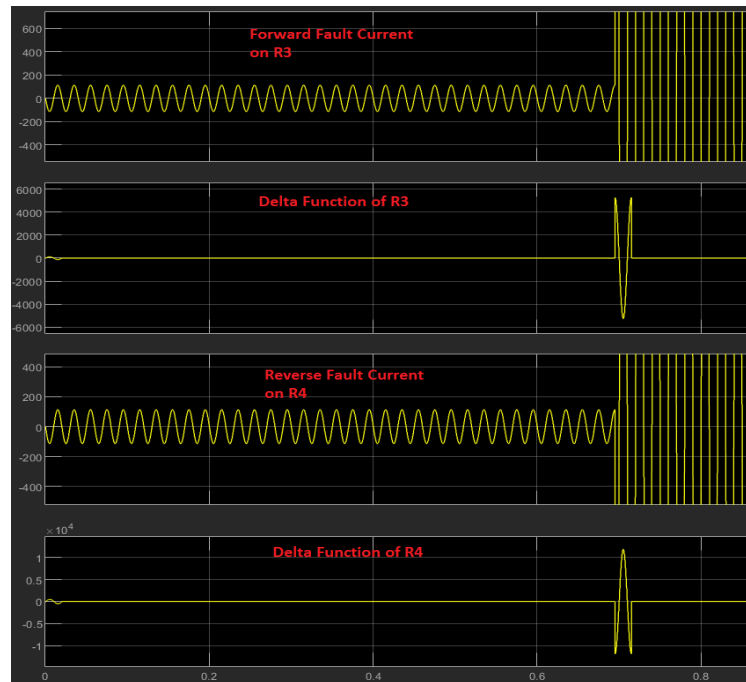


Figure 7. Proposed directional protection algorithm

The fault is detected in both forward and reverse directions using relays R3 and R4. As shown in the Figure 6, at the moment of the fault, R3 detects the fault in the forward direction, causing the average product of current and voltage to decrease in the forward direction. Conversely, R4 detects the fault in the reverse direction, and according to this algorithm, the average product of current and voltage increases. In the current-based algorithm we proposed, the direction of the fault is determined by examining the delta functions derived from the post-fault and pre-fault currents. The results obtained for fault direction determination are as shown in the Figure 7. As seen here, for a forward fault, relay R3 detects that the current is in the positive alternation, so the delta remains positive. The product of the delta and the initial alternation (both positive) results in a

positive value, indicating that R3 detects the fault direction as forward. Conversely, relay R4 transitions from positive to negative alternation, and the product of a positive and a negative value indicates a reverse fault direction.

9. Verification of this Phenomenon in Real System

In this study, a test scheme is depicted in Figure 8 was employed. In the test system Figure 9, there are four directional overcurrent relays available, capable of tripping in both directions of power flow. Faults can be induced at Point A such that the current flows in the same direction before and after the fault occurrence. The waveforms recorded by the same directional overcurrent relay in the box are as follows. As can be seen from these Figure 10 and Figure 11.

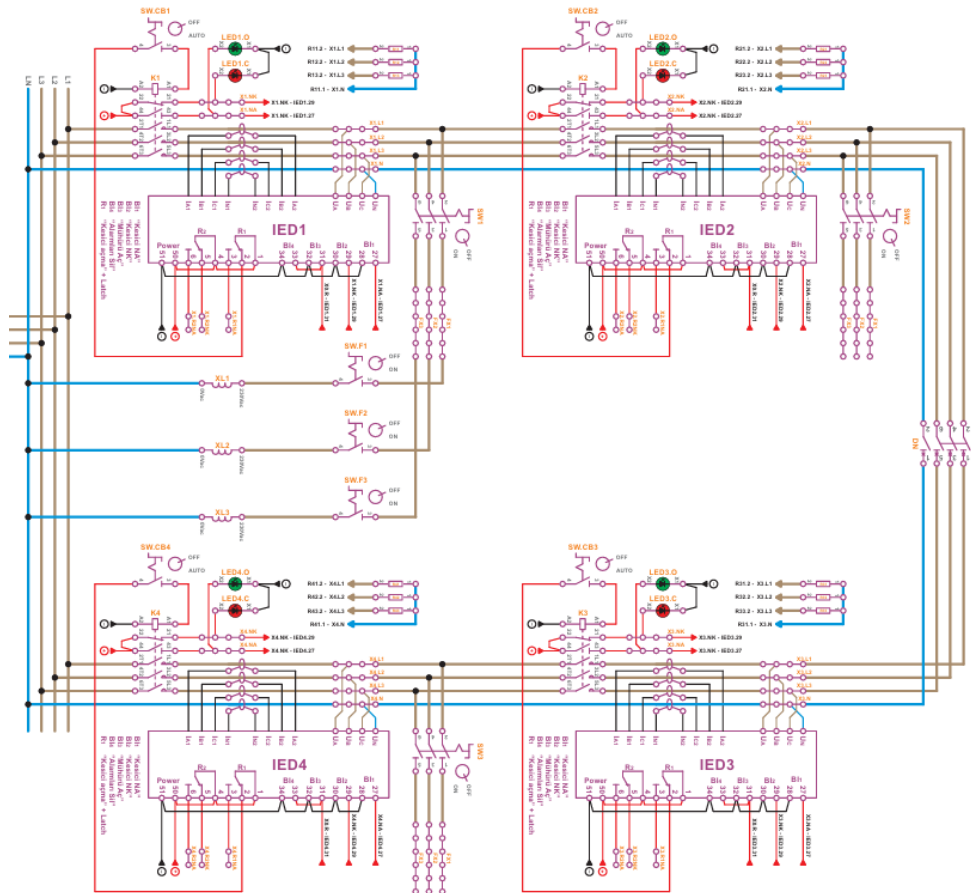


Figure 8. Test scheme of directional protection



Figure 9. Directional relays in test system

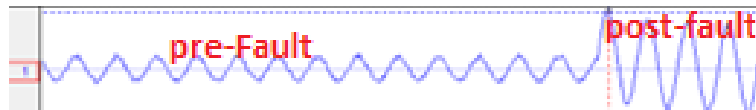


Figure 10. Forward fault in positive alternance

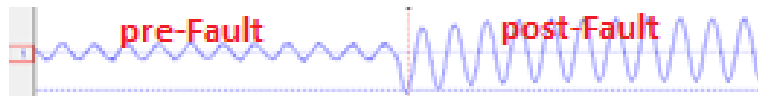


Figure 11. Forward fault in negative alternance

As can be observed from these figures, the fault occurring during the positive alternance, being in the same direction as the current, did not cause any alternation change. Similarly, the fault during the negative alternance, also aligned with the current direction, did not induce any alternation change.

10. Conclusion

As a result of the conducted studies, it has been observed that the real-world tests align with the simulation results. At this point, through the development of advanced algorithms, software revisions can be made to the directional overcurrent relays without altering the switchgear panels. This would enhance system selectivity through directional overcurrent protection, even in rural areas, thereby increasing reliability. Consequently, significant profits can be

attained without substantial investment. The software and hardware designs for the relay that will execute the proposed algorithm are currently ongoing.

References

- Alpaslan, F., 2019. Smart distribution protection without voltage transformer. MSc. Thesis, Yildiz Technical University, Türkiye.
- Elmore, W.A., 2003. Protective Relaying Theory and Applications, 2nd ed. Marcel Dekker, New York 2003.
- Gers, J.M., Holmes, E.J., 2004. Protection of electricity distribution networks, 2nd edn., Wiley, New York.
- Horowitz, S.H., Phadke, A.G., 2013. Power system relaying 4th edn., The Institution of Engineering and Technology, London.

- Horak, J., Babic, W., 2006. Directional Overcurrent Relaying (67) Concepts. *IEEE Rural Electric Power Conference Thesis*, USA.
- Sachdev, M.S., Das, R., Apostolov, A., Holbach, J., Sidhu, T., Appleyard, J., Kasztenny, B., Soehren, J., Behrendt, K., Lanigan, T., Swift, G., Bolado, O., McLaren, P.G., Thompson, M., Brunello, G., Patterson, R., Tziouvaras, D., Cornelison, J., Saha, M., 2004. Understanding Microprocessor-Based Technology Applied To Relaying.
- Ukil, A., 2016. Detection of direction change in prefault current in current-only directional overcurrent protection. *42nd IEEE Annual Conference on Industrial Electronics*, 23-26 October, Florence.

To Cite: Şenyüz, S., Baysal, M., Evkay, İ., Y., 2024. Developing Directional Overcurrent Relay Without Voltage Input. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 373–382.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11794463>.

Factors Influencing the Intention to use Mobile Banking and the Moderating Effects of Subjective Norms and Innovation

Veysel YILMAZ ^{1*}, Yasemin KİNAŞ ²

¹ Eskisehir Osmangazi University, Faculty of Science, Department of Statistics, Meşelik Campus, Eskisehir

² General Directorate of Mining and Petroleum Affairs, Ankara

*Corresponding author: yc.yasemincan@gmail.com

Received: 03.03.2024

Accepted: 25.04.2024

Abstract

The aim of this research is to create a conceptual model outlining the factors that impact the decision to use mobile banking services. The study also evaluates the effect of subjective norms and innovation on the proposed model. Data for the study were gathered from a face-to-face survey conducted with 400 employees of a public institution in Ankara, the capital city of Turkey. The study analysed the relationships between latent variables, hypothesis testing, and model fit using Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS SEM). The research findings indicate that the proposed model demonstrated satisfactory fit according to PLS SEM fit criteria. Additionally, the study found that perceived benefit mediates the relationship between perceived ease of use and attitude.

Keywords: Mobil banking, intention, mediating, multi-grup, moderating

1. Introduction

Mobile banking (m-banking) is a service that enables bank or financial institution customers to manage their accounts remotely. It offers features such as managing bank accounts, making money transfers, investments, and bill payments without physically visiting the relevant institution. M-banking services empower customers to handle all their financial transactions effortlessly. In addition, mobile banking enables customers to access their accounts conveniently 24/7 and conduct transactions quickly and inexpensively. The increasing use of information and communication technology, such as mobile phones and tablets, has led financial institutions to develop m-banking services, encouraging users to adopt this emerging technology. The globalization of business and systems has highlighted the need for a better understanding of the implications of using m-banking services. This study investigates the willingness to use mobile banking by incorporating variables from the Technology Acceptance Model (TAM) and the Theory of Planned Behaviour (TPB). The study investigated the influence of external factors on attitudes towards mobile banking and usage intentions. The research model was analysed using the Partial Least Squares Structural Equation PLS-SEM method via SmartPLS. No changes in content were made as the text already meets the desired characteristics. The variables considered in the study were perceived ease of use, perceived usefulness, compatibility, awareness, attitude, intention, and perceived risk. The research model analysed the causal relationships between the variables. The study also examined the mediating effect of perceived benefit on the relationship between perceived ease of use and attitude, as well as the moderating effect of subjective norm and innovativeness variables.

2. Literature Review

The following paragraphs present recent literature on m-banking adoption through

PLS-SEM. Yu (2012) investigated the factors that influence m-banking usage using UTAUT. The analysis showed that perceived reliability and performance expectation significantly affect mobile banking uptake. Additionally, it demonstrated that gender moderates behavioral intention.

Chukwumah (2017) conducted a study on the implementation of mobile banking (m-banking) services in rural regions. The survey was carried out in five villages in Katsina in March 2017, and 196 data points were obtained from four of the villages located in Katsina province. The data was then analyzed using the PLS SEM method with the aid of SmartPLS software. The study model included behavioral intention, perceived compatibility, perceived financial value, perceived trust, and perceived usefulness. The results indicate that perceived trust and perceived compatibility have a significant impact on behavioural intention, while perceived financial value and perceived usefulness have no significant influence.

In their 2019 study, Owusu Kwateng and colleagues examined the factors that affect the adoption and use of mobile banking services in Ghana. They utilized the UTAUT2 model and considered moderating variables such as age, education level, user experience, and gender. The sample consisted of 300 users of mobile banking services in Ghana. The findings suggest that habit, price, and trust are the primary factors that influence the adoption and use of mobile banking services in Ghana. The association between UTAUT2 structures and behavioural patterns of use has been mitigated by individual variances in gender, age, educational attainment, and user familiarity.

In a study conducted by Chaouali and Souiden (2019) on the elderly's resistance to m-banking, the relationship between psychological and functional barriers was investigated. The study used a multi-group analysis with the age variable acting as the

moderator. Data was collected from 425 elderly individuals who did not use mobile banking. The study's findings highlighted that tradition and image influenced the perception of mobile banking use, value, and risk. The factors of utilization, valuation perception, and risk perception were found to be influential in resistance behaviour, with age acting as a mitigating variable in these relationships.

Fernando et al. (2019) developed a conceptual model to investigate the factors that influence consumer behaviour in the adoption and use of m-banking services via mobile phones. The study surveyed 258 individuals, and data from 240 respondents were analysed. The study examined security, privacy, perceived trust, mobile phone usage, m-banking services, and factors affecting m-banking usage.

Foroughi et al. (2019) investigated the determinants of the intention to continue using mobile banking based on self-efficacy and channel preference. The research model's results were critical in clarifying the impact of perceived usefulness, satisfaction, attitude, and intention to continue using mobile banking. It was found that perceived ease of use had no impact on perceived usefulness or attitude.

Usman and Sulistyowati (2019) developed a model to investigate the correlation among service quality, trust, satisfaction, and customer loyalty in mobile banking. The study collected data from 200 participants who used mobile banking services from October to December 2019. The Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS SEM) method was used for data analysis. The study findings revealed that the variables considered in the model have a significant influence on mobile banking.

Hamidi and Safareeyeh (2019) assessed the employment of a CRM system in the adoption of m-banking as the most influential factor in the banking sector's success. The model they suggested

comprises emotional commitment, faithfulness, loyalty, desire to revisit, number of visits, profitability, and engagement. The study acknowledged that all variables within the model, except for trust, have a favourable impact on customer relationships and contentment.

Widyanti and Usman (2019) aimed to investigate the significance of perceived usefulness, information quality, behavioral intention, perceived value, and perceived ease of use in relation to m-banking utilization. The research collected data from 289 participants who intended to use m-banking in the near future. The study's findings suggest that there is a significant impact of behavioral intention and information quality on the use of mobile banking.

Hassan and Wood (2020) conducted a study on the usage intentions of three consumer segments towards mobile banking, using the Technology Acceptance Model (TAM). The model includes perceived usefulness, perceived risk, perceived ease of use, trust, and social impact. The study found that consumers' perceptions and intentions towards mobile banking are influenced by different country cultures.

Suariedewi and Suprapti (2020) proposed a model that explains the influence of m-banking quality on customers' trust, satisfaction, and loyalty. The study adhered to consistent citation and formatting features, correct spelling, grammar, and punctuation. The study conducted a survey of 120 individuals in Denpasar and found that m-banking quality has a positive impact on trust, which in turn affects satisfaction and loyalty. Technical terms are explained upon first use, and clear, objective language is used throughout the text.

In their 2021 study, Srivastava and Vishnani examined the factors that affect service quality in the banking industry and their impact on m-banking usage intention.

The analysis revealed that trust governs the relationship between service quality and satisfaction, with satisfaction acting as a partial mediator between service quality and user contentment. The study concludes that a user-friendly interface is a crucial feature of an m-banking system.

Kaur and Arora (2022) used UTAUT2 to identify the reasons for using m-banking services. The results of the investigation indicate that perceived risk has a negative impact on behavioural intention. They also found that perceived benefits and performance expectations are influenced by price value.

The literature review revealed that the recent approach, PLS SEM, was mainly used in m-banking research to analyse variables related to attitude and intention. This study aims to develop a comprehensive model that illustrates the factors influencing mobile banking intention. Furthermore, the study aims to investigate the moderating

impact of subjective norms and innovativeness in the proposed model.

3. Materials and Methods

3.1. Design of the research model and hypotheses

Figure 1 shows the study model illustrating the causal links between the factors that affect m-banking usage intention. The research model includes the factors from the Technology Acceptance (TAM) and Theory of Planned Behavior Models (TPB), as well as the factors that shape the perception of banking usage. Exogenous variables such as compatibility, awareness, perceived risk, subjective norm, and innovativeness are identified in this model. The endogenous variables in our study are perceived usefulness, ease of use, attitude, and intention. We have proposed alternative hypotheses to investigate the effects of these variables.

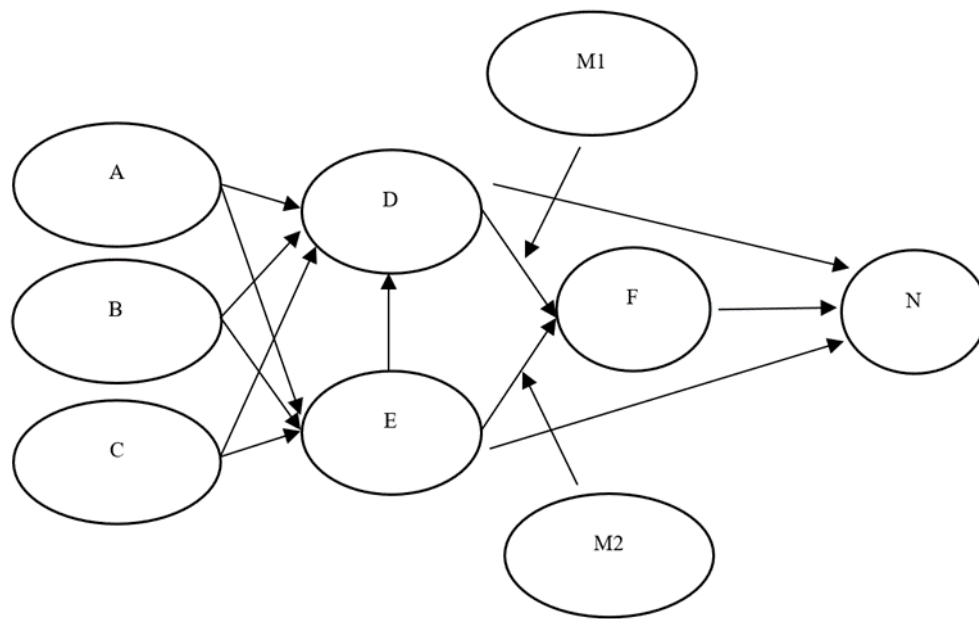


Figure 1. Research model

A: Perceived of risk, B: Compatibility, C: Awareness, D: Perceived of usefulness, E: Perceived ease of use, F: Attitude, N: Intention, M1: Subjective norm, M2: Innovation

The factors in the research model and their definitions are given in Table 1.

Table 1. Definition of variables

FACTOR	DEFINITION	SOURCE
Perceived ease of use	A person's belief that using a particular system will not require effort	Davis (1989)
Perceived of usefulness	A person's belief that using a particular system will improve job performance	Davis (1989)
Compatibility	People adapting to something new	Hernandez and Mazzon (2007)
Attitude	An individual's behavior towards the target system	Davis (1989)
Intention	An individual's idea of using a technology	Schierz et al. (2010)
Perceived of risk	All kinds of risks that customers face when trading online (financial, social)	Wu and Wang (2005)
Subjective norm	The perception of whether most people should or should not engage in a behaviour that is important to an individual	Fishbein and Ajzen (1975)
Innovation	An individual's acceptance of new ideas earlier than other individuals	ROGERS (1995)

Zhou (2011) initially explored the impact of trust on mobile banking. Research has shown that consumers' attitudes towards mobile banking are influenced by perceived risk, perceived ease of use, and perceived usefulness (Akturan and Tezcan, 2012; Mohammadi, 2015). Research has shown that a negative attitude towards mobile banking is associated with a higher risk perception (Cheah et al., 2011; Belousova and Chichkanov, 2015; Magdalena and Baridwan, 2015; Mohammadi, 2015; Raza et al., 2017; Abbas et al., 2019; Mulfadina and Sari, 2019; Salsabilla and Zuliestiana, 2019; Rehman and Shaikh, 2020).

H1. A negative relationship exists between the perceived risk associated with mobile banking and its perceived ease of use. As the perceived risk of using mobile banking increases, the perceived benefits decrease.

H2. As the perceived risk of using mobile banking increases, the perceived benefits decrease.

Compatibility refers to an individual's or society's ability to adjust to a given circumstance or situation. To determine the extent to which compliance affects customers' willingness to use mobile

banking services (m-banking), it is crucial to analyse the degree of compliance. Additionally, this variable has a direct impact on the number of customers using m-banking. Shaikh and Karjaluoto (2015) and Chen (2013) have established that compliance is positively linked with perceived ease of use and perceived usefulness. Therefore, maintaining compliance enhances positive attitudes towards mobile banking, perceived ease of use, and perceived usefulness. Hypothesis 4 recommends maintaining compliance to positively affect perceived usefulness. Several publications have investigated the relationship between compliance in mobile banking, ease of use, and perceived usefulness. Studies by Belousova and Chichkanov (2015), Mohammadi (2015), Chukwumah (2017), and Raza et al. (2017) have explored this topic.

H3. The more compliant customers are with mobile banking, the easier they perceive it to be to use.

H4. As compliance with mobile banking increases, so does the perceived usefulness.

As mobile banking is focused on customer experience, those who are not well-informed may face challenges when

adopting this service. Chen (2013) highlights that awareness is a critical factor that affects the attitude towards and adoption of mobile banking. Therefore, increasing awareness of mobile banking can improve the perception of ease of use and usefulness, resulting in a more positive attitude (Raza et al., 2017).

H5. As awareness of mobile banking increases, so does the perception of its ease of use.

H6. Furthermore, with the growing awareness of mobile banking, there is a corresponding increase in its perceived usefulness.

Perceived ease of use improves bank patrons' ability to use mobile banking, which in turn increases their positive intentions towards it. Additionally, perceived ease of use is positively related to attitudes and perceived usefulness of mobile banking. Numerous studies in the literature have examined the impact of perceived ease of use on mobile banking. These studies include works by Magdalena and Baridwan (2015), Mohammadi (2015), Raza et al. (2017), Adzima and Aryananti (2018), Hanif (2018), Mulfadina and Sari (2019), Salsabilla and Zuliestiana (2019), Widyanti and Usman (2019), Rehman and Shaikh (2020) and Cheah et al. (2011).

H7. It is evident that attitude is positively affected by the perceived ease of use.

H8. An increase in the perceived ease of use of mobile banking leads to an increase in the perception of its usefulness.

H9. As the ease of use of mobile banking increases, so does the intention to use it.

Research indicates that perceived usefulness has an impact on attitude and intention towards mobile banking (Shaikh and Karjaluoto, 2015; Mohammadi, 2015). Mobile banking allows customers to conduct transactions 24/7 without visiting a bank, saving time and reducing transaction costs. Therefore, as perceived usefulness increases, attitude towards mobile banking

and intention to use it will be positively affected, as noted by Elhajjar and Ouaida (2020). Numerous studies have assessed the perceived usefulness of mobile banking applications. Belousova and Chichkanov (2015), Magdalena and Baridwan (2015), Mohammadi (2015), Yagobi and Rad (2015), Chukwumah (2017), Raza et al. (2017), Hanif (2018), Sari et al. (2018), Mulfadina and Sari (2019), Salsabilla and Zuliestiana (2019), Widyanti and Usman (2019), and Rehman and Shaikh (2020) have all conducted research on this topic.

H10. The impact of mobile banking's perceived usefulness on consumer attitude is positive.

H11. An increase in the perceived usefulness of mobile banking leads to a corresponding increase in the intention to use it.

Attitude refers to an individual's behaviour towards a particular event or circumstance based on their own thoughts (Çelik and Yılmaz, 2011).

According to H12, a positive attitude has a significant impact on users' intention to use m-banking services.

Subjective norms are formed by an individual's personal beliefs and can influence their evaluations of another individual's behaviour. The impact of subjective norms on customers' attitudes towards mobile banking usage is significant. Therefore, subjective norms can either increase or decrease the perceived usefulness and ease of use variables' influence on the attitude variable (Magdalena and Baridwan, 2015; Yagobi and Rad, 2015; Cheah et al., 2011).

H13. It is noteworthy that the subjective norm has a moderating effect on the connection between perceived usefulness and attitude.

Specifically, according to H14, there is a positive association between the subjective norm and consumer attitude.

Innovation refers to departing from traditional norms and embracing new trends. Previous studies have shown that innovativeness affects the impact of perceived ease of use on attitude (Cheah et al., 2011; Mohammadi, 2015; Abbas et al., 2019).

H15: Innovation moderates the link between perceived ease of use and attitude.

H16: Innovativeness positively affects perceived ease of use.

Additionally, the study examines both the moderating and mediation effects, leading to the proposal of Hypothesis 17. Perceived usefulness mediates the relationship between perceived ease of use and attitude towards mobile banking.

4. Results and Discussion

4.1. Demographic findings

Data was collected through a face-to-face survey of personnel employed in a public institution located in Ankara in February 2020. The sample size for the study was $n=300$. Table 2 presents the gender distribution, education status, monthly income, and age breakdown of the participants. Of the participants, 66% were male and 33% were female. 81% of the sample had obtained a university degree. The age group with the highest representation was 26-35, accounting for 39% of the sample.

Table 2. Demographic characteristics of the sample

Variable	Variable levels	F (Frequency)	Percent (%)
Gender	Male	199	66.30
	Female	101	33.70
Educational status	Master degree	47	15.70
	University	243	81.00
	High school	9	3.00
	Primary school	1	0.30
Monthly income	Less than 1500 TL	7	2.30
	1501-2500 TL	5	1.70
	2501-3500 TL	25	8.30
	More than 3501 TL	263	87.70
Age	18-25	14	4.70
	26-35	118	39.30
	36-45	99	33.00
	46-55	51	17.00
	56-65	18	6.00

4.2. Validity of the measurement model

The assessment of the PLS model is conducted in two stages: validity and reliability analyses of the measurement model, and analysis of the structural model. These stages are discussed in detail under subheadings (Boonlertvanich, 2019).

Prior to analysis, factor loads were verified. According to Hair et al. (2017), factor loadings should be ≥ 0.70 . Table 3 and Figure 2 demonstrate that the relative factor loads were ≥ 0.62 . The evaluation considered Cronbach Alpha (CA), Composite Reliability (CR), and Average Variance Extracted (AVE) values. It is

recommended that for each construct, CR and Cronbach Alpha CA values should be equal to or greater than 0.70 (Hair et al., 1998), and AVE value should be equal to or greater than 0.50 (Fornell and Larcker, 1981).

Table 3 shows that Cronbach's Alpha coefficients range from 0.79 to 0.94 and that the CR coefficients are also between 0.81 and 0.94, confirming strong internal consistency reliability. Convergent validity was achieved as indicated by the factor loads ranging from 0.62 to 0.96 and AVE values ranging from 0.58 to 0.87.

Table 3. Measurement model results

Factor	Item	Factor loading	CA	CR	AVE
Perceived ease of use (E)	S5	0.871	0.872	0.872	0.694
	S6	0.804			
	S7	0.824			
	S8	0.894			
Perceived usefulness (D)	S9	0.895	0.945	0.945	0.813
	S10	0.911			
	S11	0.906			
	S12	0.819			
Compatibility (B)	S13	0.888	0.898	0.898	0.746
	S14	0.883			
Awareness (C)	S15	0.767	0.829	0.825	0.612
	S16	0.834			
	S17	0.742			
	S18	0.625			
Perceived Risk (A)	S19	0.863	0.791	0.809	0.589
	S20	0.795			
	S24	0.917			
Attitude (F)	S25	0.953	0.933	0.933	0.874
	S26	0.967			
Intention (N)			0.933	0.934	0.876

According to the Fornell and Larcker (1981) standard, the diagonal elements consist of the square root of AVE. These values must be greater than the correlation values between the variables in the same

row and column. Upon reviewing the data in Table 4, it is clear that the square root of AVE values exceeds the correlation values between the variables in the same row and column.

Table 4. Fornell and Larckell criteria

	C	D	E	N	A	F	B
C	(0.782)						
D	0.791	(0.901)					
E	0.764	0.832	(0.833)				
N	0.623	0.562	0.498	(0.936)			
A	0.718	0.487	0.523	0.521	(0.767)		
F	0.776	0.658	0.583	0.757	0.622	(0.935)	
B	0.633	0.614	0.599	0.447	0.519	0.457	(0.864)

Clark and Watson (1995), Gold et al. (2001), and Teo et al. (2008) proposed a threshold value of 0.90 for the HTMT measure. However, this study will use a threshold value of 0.85. Values between 0.85 and 1.00 indicate that the variables

cannot be distinguished, whereas values below 0.85 suggest that the variables are distinguishable. As presented in Table 5, the HTMT values are below the threshold value.

Table 5. HTMT criteria

	C	D	E	N	A	F	B
C	-						
D	0.785	-					
E	0.762	0.836	-				
N	0.619	0.562	0.499	-			
A	0.738	0.496	0.526	0.530	-		
F	0.770	0.657	0.583	0.757	0.632	-	
B	0.628	0.614	0.600	0.446	0.529	0.457	-

Based on the results presented in Tables 4 and 5, it can be concluded with confidence that discriminant validity has been achieved.

4.3. Structural model

The relationships between the factors were scrutinised using the PLS-SEM technique, and the resulting model is presented in Figure 2.

The data was evaluated using the PLS-SEM method with SmartPLS 3.2.9. The structural model's R^2 and effect size (f^2) were calculated using the PLS algorithm. Predictive power (Q^2) was determined through Blindfolding analysis. The model's suitability was evaluated using Chi-Square, Normed Fit Index (Normed), Standardized Root Mean Square Residual-SRMR, Squared Euclidean distance-d_ULS, and Geodesic Distance-d_G.

Table 6 presents the results of the structural model, including R^2 , f^2 , Q^2 , and VIF values. The VIF values are below 5

(Hair et al., 2017), indicating no multiple interrelationships among the variables. The D variable is explained by 77%, the E variable by 61%, the N variable by 58%, and the F variable by 44%.

The f^2 effect size coefficient varies between 0.02 and 0.15, 0.15 and 0.35, and 0.35 or greater, as explained by Cohen (1988). Therefore, A and B have a low effect on D; F, D, and E have a low effect on N; and E has a low effect on F. In contrast, C has a moderate effect on D, and D has a moderate effect on F. Additionally, E has a high effect on D, C has a high effect on E, and F has a high effect on N. The Q^2 predictive power coefficients for endogenous variables are greater than zero, indicating that the structural model can predict endogenous variables (Hair et al., 2014). The table shows that the Q^2 values exceed zero, allowing us to conclude that the structural model can predict D, E, F and N.

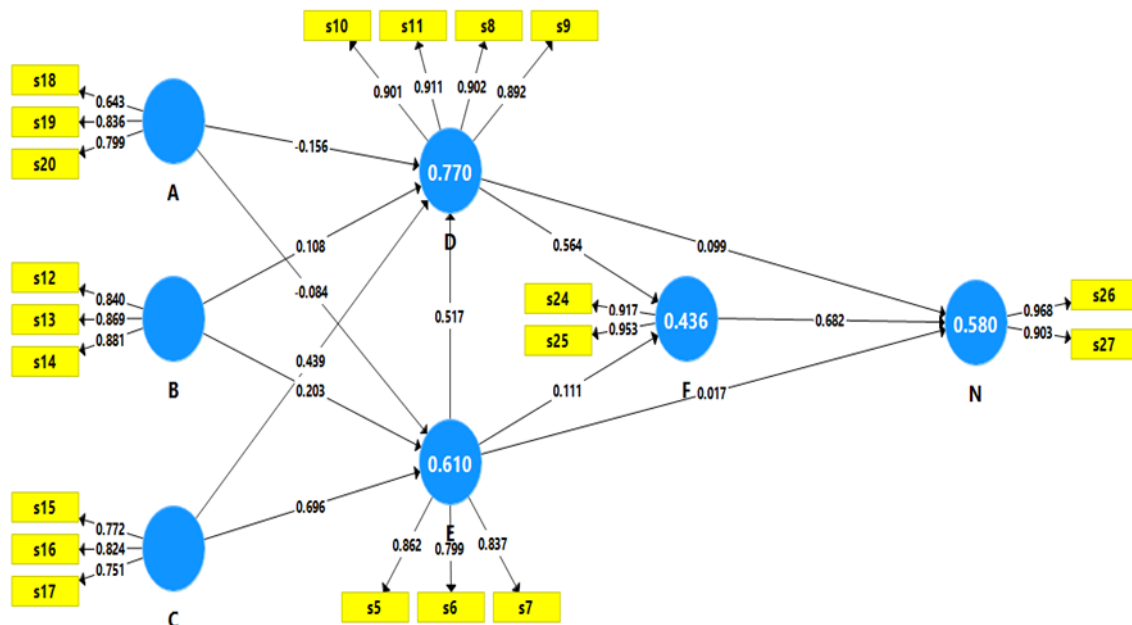


Figure 2. PLS results of the proposed model

A: Perceived risk, B: Compatibility, C: Awareness, D: Perceived usefulness, E: Perceived ease of use, F: Attitude, N: Intention

When assessing the adequacy of the model, another aspect to consider is the Goodness-of-Fit (GoF) index. This index takes on values between 0 and 1, with a

degree of fit ranging from poor ($0.00 < \text{GoF} < 0.10$), fair ($0.10 < \text{GoF} < 0.25$), to excellent ($\text{GoF} > 0.25$) (Wetzels et al., 2009). To calculate the GoF index, simply take the

square root of the AVE and R^2 means resulting from factor analysis.

$$\text{GoF} = \sqrt{(\text{mean}(R^2) \times \text{mean}(AVE))} \quad (1)$$

The model has a strong fit, as evidenced by the average R^2 value of 0.60, the average AVE value of 0.74, and the GoF index of 0.66, which exceeds the threshold of 0.36.

Table 6. Structural model results

Relationship		VIF	R^2	f^2	Q^2
C→	D	3.781	0.770	0.223	0.529
E→		2.562		0.455	
A→		2.109		0.049	
B→		1.796		0.02	
C→	E	2.549	0.610	0.483	0.350
A→		2.093		0.008	
B→		1.692		0.062	
D→		3.889		0.006	
E→	N	3.345	0.580	0.001	0.449
F→		1.773		0.625	
D→		3.323		0.170	
E→		3.323		0.007	

4.4. Hypothesis testing

After reviewing Table 8, it is evident that hypotheses H2, H3, H5, H6, H8, H10 and H12 are supported, while hypotheses H1, H4, H7, H9 and H11 are not.

C: Awareness→ D: Perceived usefulness: 0.439. This value indicates that as awareness of m-banking increases by one unit, perceived usefulness will increase by 0.439 units.

E: Perceived ease of use→ D: Perceived usefulness: 0.517. As the perceived ease of use of mobile banking increases, so too does the perceived usefulness.

A: Perceived risk→ D: Perceived usefulness:-0.156. When the perceived risk of mobile banking customers increases by one unit, their perceived usefulness decreases by 0.156 units. While this relationship is not very strong, decision makers should still develop promotions and

practices to reduce risk perception, as it can impact customers' attitudes towards banking

C: The relationship between awareness and perceived ease of use is significant with a coefficient of 0.696. Analysis of all path coefficients reveals that the largest is between C and E. Consequently, as customers' awareness of m-banking increases, their perception of the ease of using the application also rises.

F: Attitude→ N: Intention: 0.682. This statement suggests that a positive attitude towards mobile banking will increase the intention to use it. It can be inferred that a one-unit increase in negative attitude towards the application will decrease usage intention by 0.682 units. Therefore, the significance of exogenous variables that affect attitude is highlighted once again. For example D: Perceived usefulness→F: Attitude: 0.564.

Table 7. Direct effect coefficients

Relationship		Standardize β	Standard Error	t value	P value	Result
C→	D	0.439	0.120	3.659	0.001	Supported
E→		0.517	0.099	5.210	0.001	Supported
A→		-0.156	0.078	1.985	0.047	Supported
B→		0.108	0.064	1.659	0.097	Not supported
C→	E	0.696	0.129	5.391	0.001	Supported
A→		-0.084	0.093	0.844	0.399	Not supported
B→		0.203	0.095	2.133	0.033	Supported
D→	N	0.099	0.116	0.853	0.394	Not supported
E→		0.017	0.119	0.145	0.885	Not supported
F→		0.682	0.061	11.12	0.001	Supported
D→	F	0.564	0.173	3.270	0.001	Supported
E→		0.111	0.182	0.607	0.544	Not supported

4.5. Mediation, moderation, and multi-group analysis

4.5.1. Mediating effect

To investigate the mediating impact of perceived benefit, we proposed and tested the H17 hypothesis. To establish this, the H17 hypothesis was proposed and tested. For a mediating impact to be recognised, exogenous variables must display significant effects on endogenous variables. Furthermore, when mediator variables are incorporated in the model, exogenous variables should have significant effects on mediator variables, and mediator variables should have significant effects on endogenous variables. Although exogenous variables do not have a significant impact on endogenous variables, a mediator effect can be noted if exogenous variables affect mediator variables and mediator variables affect endogenous variables.

Thus, the VAF values of roads that demonstrate significant mediating effects based on the p-values were calculated to provide insight into whether they had a full or partial mediating effect. A complete mediating effect is indicated by $VAF > 0.80$, while a partial mediating effect is indicated by a range of $0.80 \geq VAF \geq 0.20$. When VAF is less than 0.20, there is no mediating effect. The VAF value for the $E \rightarrow D \rightarrow F$ path was calculated as 1.07. As the value is greater than 0.80, it can be concluded that there is a complete mediating effect. The H17 hypothesis of this study was fully reinforced due to the complete mediating

effect. The mediating role of perceived usefulness is crucial in the connection between perceived ease of use and attitude towards mobile banking. In other words, perceived ease of use influences attitude through the perceived usefulness factor.

The positive attitude towards mobile banking is boosted by its ease of use only if the application is perceived to be advantageous. However, the attitude is not impacted by the application's ease of use alone. Therefore, when researching the factors that contribute to the attitude of banks and customers towards m-banking, it is important to evaluate the combined effect of its ease of use and benefits. Future studies should focus on this aspect.

4.5.2. Moderating effect

The model analyzed the moderating effects of subjective norm (M1) and innovation (M2), which were included as separate variables. The effects of M1 and M2 as moderators are illustrated in Figure 3 and Figure 4. Table 8 shows that the moderating effect ($D \times M1 \square F$: $\beta = -0.085$; $p < 0.10$) and $M1 \square F$ ($\beta = 0.263$; $p < 0.01$) were found to be significant, supporting hypotheses H13 and H14. The influence of the subjective norm on attitudes towards mobile banking is positive and significant. However, research has found that the relationship between perceived usefulness and attitude has a weak negative impact on attitudes. Therefore, the M1 moderating effect can be considered negative, although it is mild.

Table 8. Moderating effect of M1 (DxM1→F)

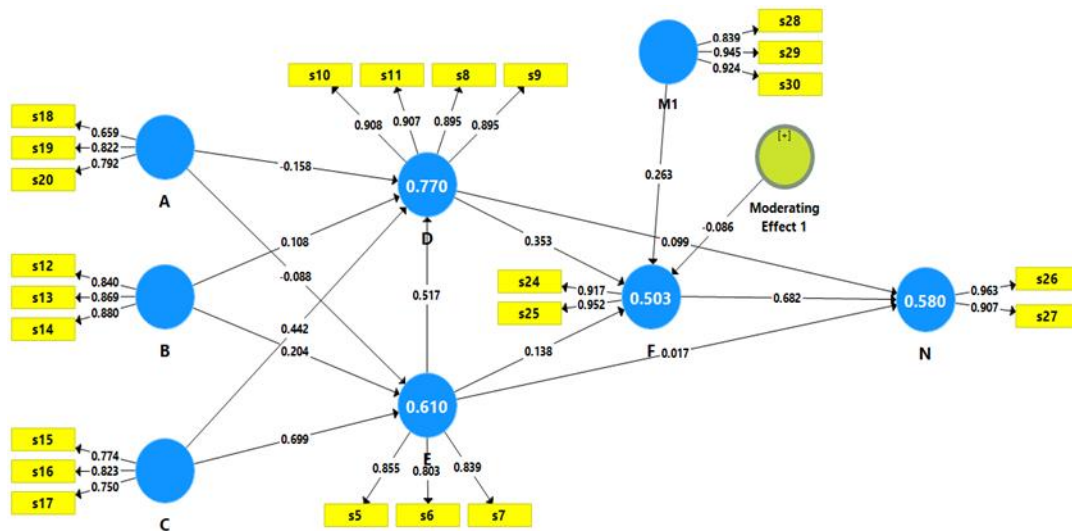
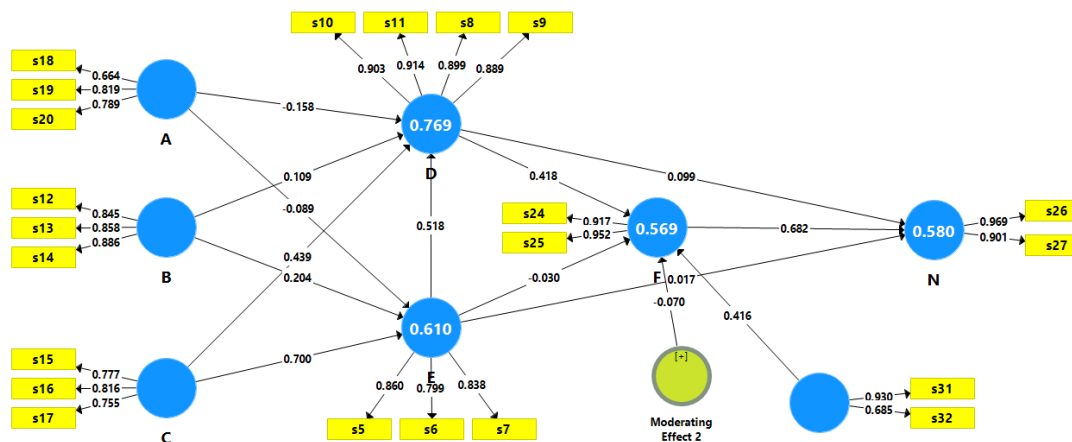
Factors		Standardize β	p	Result
Moderating effect→	F	-0.085	0.081	Supported
M1→		0.263	0.001	Supported

Table 9 shows that M2 to F ($\beta=0.414$; $p<0.01$) has a positive and significant effect, while the regulatory effect (ExM2 to F: $\beta=-0.069$; $p>0.10$) is not significant. Hypothesis H16 is supported, but hypothesis H15 is not. The perceived level

of innovation towards mobile banking has a substantial and favourable impact on the attitude towards its utilisation. This finding emphasises the importance of decision-makers creating original applications for mobile banking.

Table 9. Moderating effect of M2 (ExM2→F)

Factors		Standardize β	p	Result
Moderating effect→	F	-0.069	0.151	Not supported
M2→		0.414	0.001	Supported

**Figure 3.** Moderating effect of M1**Figure 4.** Moderating Effect of M2

As mobile phone technology develops, the perception of mobile banking applications also changes. Therefore, it is crucial to investigate the factors that influence attitudes and intentions, enabling banks to develop customer-centric applications. This investigation analysed the correlations within the research model, which consists of Attitude and Intention variables. The model incorporated the Subjective Norm and Innovativeness variables as moderator variables, and evaluated their impact on the effects of Usefulness and Ease of Use on Attitude.

Customers who are innovative-minded do not perceive mobile banking as a risky prospect and are therefore more receptive to technological advancements. However, the perceived ease of use of mobile banking did not affect customer attitudes, while innovativeness did not have any impact on either enhancing or diminishing the aforementioned effect. The ease of use of mobile banking had no bearing on the attitudes of the surveyed customers.

4.5.3. Multi-Group analysis

The study investigated whether gender influences the transformation of attitudes towards mobile banking into intention to use. To test the moderator effect of gender, multiple group analysis was conducted since gender is a categorical variable. The results of the analysis showed a significant difference between Group 1 (female) and Group 2 (male) in the relationship between Attitude→Intention ($\beta=0.213$; $p<0.05$) regarding mobile banking use. It has been found that women have a stronger relationship with mobile banking than men, and therefore find it more beneficial.

The gender variable moderates the conversion of positive attitudes towards m-banking into usage intention, with this transformation being more potent for women than men. Women tend to develop more positive attitudes towards and show greater appreciation for mobile banking than men. There is evidence to suggest that

women tend to have more positive attitudes towards and show greater appreciation for mobile banking than men. Although men generally possess greater technological proficiency, their usage of mobile banking differs from that of women.

5. Conclusions

In the service-oriented banking industry, competition is fierce and growth is a top priority. To gain a competitive edge, banks focus on providing high-quality services that meet customer expectations (Yılmaz et al., 2018).

The prevalence of information and communication technology, such as mobile phones and tablets, has led financial institutions to offer m-banking services to their customers. Therefore, a comprehensive comprehension of mobile banking has become crucial.

This study presents a structural model to clarify the attitude and intention towards mobile banking within the framework of Technology Acceptance Model (TAM) and Theory of Planned Behaviour (TPB). The model tests 17 hypotheses, and their outcomes are evaluated. In this study, 12 hypotheses investigate the connections between factors in the proposed model, while 4 hypotheses analyse both mediation and moderating effects.

The researchers have discovered that the risk factor has a significant negative impact on the variables being considered (Belousova and Chichkanov, 2015; Magdalena and Baridwan, 2015; Mohammadi, 2015; Raza et al., 2017; Abbas et al., 2019; Mulfadina and Sari, 2019; Salsabilla and Zuliestiana, 2019; Rehman and Shaikh, 2020). After analysis, it was discovered that there is a negative and significant correlation between Perceived Risk and Perceived Usefulness (A: Perceived risk → D: Perceived usefulness: -0.156), while no significant correlation was found between Perceived Usefulness and Attitude (D → F: Attitude: -0.084).

The literature review revealed that only a limited number of studies have investigated the effects of subjective norms and innovation as moderator variables in the model. The study examined the moderator effects of certain variables. The results indicate that subjective norm acts as a moderator and enhances the impact of benefit on attitude.

Customers who perceive innovation positively do not consider m-banking a risky concept, which makes them more receptive to technological advancements. The study found a significant and positive correlation between innovation and attitude, with a coefficient of 0.416. For each one-unit increase in customers' perception of innovation, their positive attitudes towards mobile banking increase by 0.416 units.

The study found that perceived usefulness plays a significant mediating role in the relationship between perceived ease of use and attitude towards mobile banking. While perceived ease of use does not directly affect attitude, it is believed that consumers' positive attitudes towards mobile banking services can be improved through the perceived benefits of mobile banking in terms of usefulness. This emphasises the importance of the mediating effect of the ease of use variable. In contrast to prior literature, this study discovered a significant mediating effect of perceived usefulness. However, no significant effect was observed for the perceived ease of use and usefulness of mobile banking on direct intention. As a result, hypotheses H9 and H11 were not supported.

Shaikh and Karjaluoto (2015) and Chen (2013) conducted an in-depth study to identify essential factors that promote or hinder mobile banking adoption. The study found that compliance significantly impacts m-banking adoption. Analysis was conducted for the H3 hypothesis, which revealed that compatibility influences perceived ease of use.

After conducting a literature review, the authors analysed the factors that influence the use of m-banking services, both common and unique. This research identified corresponding outcomes, with the authors investigating similar aspects (Magdalena and Baridwan, 2015; Raza et al., 2017; Hanif, 2018; Salsabilla and Zuliestiana, 2019). Our results align with the findings of Mohammadi's (2015) study. However, resistance was not found to be a significant factor in our study. The study found that there was no significant resistance, based on a face-to-face survey of personnel working for a public institution in Ankara, where the majority of employees actively use mobile banking services.

However, the outcomes of the study may be limited as the data was collected from a small sample of participants, representing only a fraction of m-banking service users in Turkey. Therefore, the results of the study lacked clear decisiveness regarding m-banking practice. The outcomes of the study may be limited as the data was collected from a small number of participants who represent only a fraction of m-banking service users in Turkey. Additionally, since 90% of the participants hold university degrees, they may have a higher level of technological proficiency than other social groups. Therefore, the sample should only be evaluated within the context of university graduates, and it should be noted that the results may only be applicable to this specific group.

Conducting SEM studies on the use of mobile banking services in Turkey can offer valuable guidance to banks on the specific issues that users face. This, in turn, can create a more competitive environment for banks operating in Turkey.

In essence, banks should aim to simplify and increase the accessibility of their mobile banking systems. This study emphasizes the importance of reinforcing the perceived ease of use in this regard. Conducting research into people's attitudes and usage behaviours towards e-banking

during the pandemic could prove beneficial. Despite owning Android or iOS enabled mobile phones, certain segments of society remain apprehensive of the perceived risks associated with mobile banking. To improve public perception of mobile banking, it is recommended to provide comprehensive information about its advantages and potential hazards through audio and visual means. These measures are deemed crucial to enhance awareness and foster a favourable attitude towards m-banking. The public perception of m-banking should be augmented by elucidating the service through audio and visual means, and by providing comprehensive information about its advantages and potential hazards.

Declaration of Author Contributions

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

Declaration of Conflicts of Interest

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

Ethical Committee Approval

The subject of the study and the data collection tool were found to comply with the ethical rules with the decision of the ESOGU Social and Human Sciences Human Research Ethics Committee numbered 64075176-299-E.12224

Kaynaklar

Abbas, M., Zaman, U., Ahmad, J., Nawaz, M. S., Ahraf, M., 2019. Diffusion of mobile banking in Pakistan. *Smart Journal of Business Management Studies*, 15(1): 10-19.

Adzima, F., Ariyanti, M., 2018. Analysis of factors influencing interest in using mobile banking application on the customer bank BRI Purwakarta. *E-Proceeding of Management*, 5(2): 1584-1592.

Akturan, U., Tezcan, N., 2012. Mobile banking adoption of the youth market: Perceptions and intentions. *Marketing Intelligence and Planning*, 30(4): 4.

Belousova, V., Chichkanov, N., 2015. Mobile banking adoption in Russia: What incentives matter? National Research University Higher School of Economics, 1-24.

Boonlertvanich, K., 2019. Service quality, satisfaction, trust, and loyalty: The moderating role of main-bank and wealth status. *International Journal of Bank Marketing*, 37: 278-302.

Chukwumah, S., 2017. Adoption of mobile banking service in rural Nigeria. Master's Thesis, Turun Yliopisto University of Turku, Turku.

Chaouali, W., Souiden, N., 2019. The role of cognitive age in explaining mobile banking resistance among elderly people. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50: 342-350.

Clark, L., Watson, D., 1995. Constructing validity: Basic issues in objective scale development. *Psychological Assessment*, 7: 309-319.

Chen, C., 2013. Perceived risk, usage frequency of mobile banking services. *Managing Service Quality: An International Journal*, 23(5): 410-436.

Cohen, J., 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Cheah, C.M., Teo, A.C., Sim, J.J., Oon, K.H., Tan, B.I., 2011. Factors affecting Malaysian mobile banking adoption: An empirical analysis. *International Journal of Network and Mobile Technologies*, 2(3): 149-160.

Çelik, H.E., Yılmaz, V., 2013. LISREL 9.1 ile yapısal eşitlik modellemesi. Anı Yayıncılık, Eskişehir.

Davis, F., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3): 319-340.

- Davis, F., 1993. User acceptance of computer technology: System characteristics, user perceptions. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3): 475-487.
- Elhajjar, S., Ouaida, F., 2020. An analysis of factors affecting mobile banking adoption. *International Journal of Bank Marketing*, 38(2): 352-367.
- Fornell, C., Larcker, D.F., 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1): 39-50.
- Fernando, E., Surjandy, Meyliana, Murad, D.F., 2019. Development conceptual model smartphone adoption for use mobile banking. *6th International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE)*, Semarang, Indonesia, pp. 1-5.
- Foroughi, B., Mohammad I., Sunghyup S.H., 2019. Understanding the determinants of mobile banking continuance usage intention. *Journal of Enterprise Information Management*, 32(6): 1015-1033.
- Fishbein, M., Ajzen, I., 1975. Attitude-behaviour relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 84(5): 888-918.
- Gold, A., Malhotra, A., Segars, A., 2001. Knowledge management: An organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, 18: 185-214.
- Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M., 2014. A primer on partial least squares structural equation modeling (1st ed.). Thousand Oaks: Sage.
- Hair, J.F., 1998. Multivariate Data Analysis with Readings. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Hamidi, H., Safareeyeh, M., 2019. A model to analyze the effect of mobile banking adoption on customer interaction and satisfaction: A case study of m-banking in Iran. *Telematics and Informatics*, 38: 166-181.
- Hanif, M., 2018. Analysis Technology Acceptance Model (TAM) pada aplikasi mobil banking jenius Di Kota Jakarta. Undergraduate thesis. Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Ekonomi Program Sarjana Manajemen.
- Hassan, H.E., Van R.W., 2020. Does country culture influence consumers' perceptions toward mobile banking? A comparison between Egypt and The United States. *Telematics and Informatics*, 46: 101312.
- Hernandez, J., Mazzon, J., 2007. Adoption of internet banking. Proposition and implementation of an integrated methodology approach. *International Journal of Bank Marketing*, 25: 72-88.
- Kaur, S., Sangeeta A., 2023. Understanding customers' usage behavior towards online banking services: An integrated risk-benefit framework. *Journal of Financial Services Marketing*, 28(1): 74-98.
- Mohammadi, H., 2015. A study of mobile banking loyalty in Iran. *Computers in Human Behavior*, 44: 35-47.
- Magdalena, R., Baridwan, Z., 2015. The analysis of individuals' behavioral intention in using mobile banking based on TPB, TAM and perceived risk. *International Undergraduate Program in Accounting Faculty of Economics and Business*, University of Brawijaya, 4(1): 1-13.
- Mulfadina, T., Sari, D.K., 2019. Effects of perceived ease of use, perceived usefulness, and perceived risk on customer interests of using mobile banking services with gender as moderating variables (Study on BRI Customers in Dharmasraya Branch). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(4): 466-474.

- Püschel, J., Mazzon, J.A., Hernandez, J.M.C., 2010. Mobile banking: proposition of an integrated adoption intention framework. *International Journal of Bank Marketing*, 28(5): 389-409.
- Rogers, E., 1995. Diffusion of innovation. New York: Free Press.
- Rehman, Z.U., Shaikh, F.A., 2020. Critical factors influencing the behavioral intention of consumers towards mobile banking in Malaysia. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 10(1): 5265-5269.
- Raza, S.A., Umer, A., Shah, N., 2017. New determinants of ease of use and perceived usefulness for mobile banking adoption. *International Journal Electronic Customer Relationship Management*, 11(1): 44-65.
- Salsabilla, S., Zuliastiana, D.A., 2019. Analysis of intention use BRI mobile banking in Indonesia, from perceived usefulness, perceived ease of use and perceived risk. *E-Proceeding of Management*, 6(2): 1-8.

To Cite: Yılmaz, V., Kınaş, Y., 2024. Factors Influencing the Intention to use Mobile Banking and the Moderating Effects of Subjective Norms and Innovation. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 383–399.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11844158>

Pamuk Ekiminde Ara Ürün Olarak Yetiştirilen Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + Tritikale (*X Triticosecale* Wittm) Karışımı Hâsıllara Farklı Seviyelerde Melas İlavesinin Silaj Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması

Ahmet ORUÇ^{1*}, Mehmet AVCI²

¹ GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

² Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Ve Hayvan Besleme Bölümü, Şanlıurfa

*Sorumlu yazar (Corresponding author): ahmetoruc063@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 05.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.04.2024

Özet

Bu çalışma, pamuk ekiminde ara ürün olarak Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + tritikale (*X Triticosecale* Wittm) bitkilerinden farklı dönemlerde (erken ve geç) ve farklı seviyelerde (% 0, % 2 ve % 4) melas ilave edilerek hazırlanan silajların, besin değerlerini ve silaj kalitelerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Erken dönemde çiçeklenme başlangıcında ve geç dönemde ise kapsüllenme başlangıcında hasat edilerek farklı seviyelerde (% 0, % 2, % 4) melas katkısı ile 1,5 lt lik cam kavanozlarda 4'er tekerrür olarak silolanmıştır. Bu yem bitkilerine farklı dönemlerde (erken ve geç) ve farklı seviyelerde (% 0, % 2, % 4) melas ilavesinin besin madde kompozisyonu, pH değeri, amonyak azotu (NH₃-N/TN), laktik asit (LA), uçucu yağ asitleri ve invitro organik madde sindirilebilirliği (İVOMS) değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada vejetasyon döneminin ilerlemesine bağlı olarak silajların kuru madde (KM), pH ve asetik asit (AA) değerlerinin yükseldiği buna karşın NH₃-N/TN, HP, LA ve bütirik asit (BA) değerlerin düştüğü tespit edilmiştir (P<0.001). Yapılan çalışmada melas ilave edilen grupların kontrol gruplarına göre KM, HP, fleig puanı (FP) ve LA değerleri yüksek, pH, NH₃-N/TN ve BA değerlerini düşük tespit edilmiştir (P<0.001). Silajlara melas ilavesinin silaj kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Elde edilen tüm veriler değerlendirildiğinde, % 2 ve % 4 oranında melas ilave edilen erken ve geç dönem Macar fiği + tritikale hasıllarından hazırlanan silajların genel olarak kaliteli silaj özelliklerini taşıdığı ve ruminant beslenmelerinde kaliteli kaba yem olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Macar fiği, tritikale, silaj, baklagil, ikinci ürün

The Effect of Molasses Addition on the Silage Quality of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz) + Triticale (*X Triticosecale* Wittm) Mixture Grown as Intercrop in Cotton Cultivation

Abstract

This study aimed to determine the nutritional value and the quality of silages prepared by using Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz) + triticale (*X Triticosecale* Wittm) grown as intercrop in cotton planting by ensiling in periods (early and late) and with molasses of different levels (0, 2, and 4 % WG). In early period were harvested at the beginning of flowering. In late period were harvested during the beginning of encapsulation period. The harvested crops were added with 0 %, 2 %, or 4 % of molasses as fresh basis and ensiled in 1.5 L jars. The effect of different harvesting periods (early and late) and addition of different levels of molasses (0, 2, and 4 % WG) on nutrient composition, pH value, contents of ammonia nitrogen (NH₃-N/TN), lactic acid (LA) as well as volatile fatty acids and in vitro organic matter digestibility (IVOMD) of the silages were investigated. In the study, it was determined that the dry matter (DM), pH and acetic acid (AA) values of the silages increased due to the progress of the vegetation period, while the NH₃-N/TN, crude protein (CP), LA and butyric acid (BA) values decreased (P<0.001). In the study, the DM, CP, LA values and Fleig scores of the molasses added groups were higher than the control groups, and the pH, NH₃-N/TN, and BA values were found to be lower (P<0.001). Addition of molasses to silages had a positive effect on silage quality. When all the data were evaluated, silages of adequate quality can be prepared by using Hungarian vetch + triticale of early and late periods added with 2 % and 4 % molasses. These silages can be used as quality roughage for ruminant feeding.

Keywords: Hungarian vetch, triticale silage, legume, second crop

1. Giriş

Son zamanlarda gerek artan nüfus gerekse artan satın alma gücü doğrultusunda hayvansal ürünlere olan arz artmakta, bu doğrultuda entansif ve yarı entansif hayvancılık işletmelerinde artış meydana gelmektedir. Bu tarz işletmelerde barındırılan hayvanların beslenmeleri önemli bir yer tuttuğundan kaba yemlere olan ihtiyaç artmaktadır (Yolcu ve Tan, 2008). Ruminantların rasyonunda yeterli miktarlarda kaba yemin olmaması önemli sindirim ve metabolik bozukluklarına sebep olmaktadır (Ergün ve ark., 2002). Hayvansal kaynaklı proteinler esansiyel aminoasitleri dengeli ve yeterli miktarda bulundurduklarından bitkisel kaynaklı proteinlere kıyasla biyolojik değerleri daha yüksektir (Özder ve ark., 2001). Hayvansal kaynaklı proteinlerin fiyatlarının cazip olabilmesi ve yetiştiricilerin kazanç sağlamaları için; verimin artırılıp, girdi maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. Ülkemizde ekonomik ve sürdürülebilir bir

hayvancılığın uygulanması ancak düzenli, yeterli ve kaliteli kaba yem teminiyle gerçekleşebilecektir. Bir hayvancılık işletmesindeki giderlerin yaklaşık olarak % 60-70'ni yem maliyetleri oluşturması nedeniyle, yem üzerinde yapılabilecek herhangi bir iyileştirmenin işletme ekonomisine katkısı önemli olacaktır (Alçiçek, 1995; Bilgen ve ark., 1996; Alçiçek ve ark., 1999; Avcıoğlu ve ark., 2000; Alçiçek, 2001; Alçiçek, 2002). Yeşil yemler, silo yemleri ve kuru ot gibi kaba yemlerin düşük maliyetlerde olması bir hayvancılık işletmesinin kârlılığını arttırmaktadır (8-9). Hayvancılıkta verim düşüklüğünün temel sebeplerinden biri olması ve dolayısıyla insanların yeterli miktarda hayvansal protein ile beslenememesi ile neticelenen kaliteli kaba yemin yetersizliği, ülkemiz hayvancılığının önemli problemleri arasında yer almaktadır (Bilgen ve ark., 1996; Alçiçek ve ark., 1999; Avcıoğlu ve ark., 2000; Alçiçek, 2001; Alçiçek, 2002).

Tablo 1. Türkiye'nin 2020 yılı Hayvan ve BBHB varlığı (TÜİK 2021)

Hayvan ürü	Hayvan Sayısı (baş)	Hayvan Birimi	Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB)
Sığır Kültür	8838498	1	8838498
Sığır Melez	7594127	0.75	5695595
Sığır Yerli	1532857	0.5	766429
Manda	192489	0.9	173240
Koyun	42126781	0.1	4212678
Keçi	11985845	0.08	958868
At	90007	0.5	45004

Ülkemizin 2020 yılı hayvan varlığı 20.700.359 büyükbaş hayvan birimi (BBHB) olup, bir BBHB'nin yılda 3.942 kg kuru ot ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda ülkemizin yıllık olarak toplam kuru ot ihtiyacı 81.600.815 tondur (Tablo 2). Ancak ülkemizde 2020 yılında

yaklaşık olarak 28.344.437 ton kaliteli kaba yem üretilmiş olup, bu üretim değeri toplam kaba yem ihtiyacının % 34.74'ünü karşılamış ve yıllık olarak 53.256.378 ton kaliteli kaba yem açığı ortaya çıkmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye'nin 2020 yılı toplam hayvan varlığı, yem bitkilerinden ve çayır meralardan üretilen kuru ot miktarı ve oranı, mevcut kaba ihtiyacı ve karşılama oranı, kaliteli kaba yem açığı miktarları

Hayvan Varlığı (BBHB)	Toplam Kaba Yem İhtiyacı (ton)*	Üretilen Kuru Ot Miktarı (Ton)**	İhtiyacı Karşılama Oranı (%)	Çayır-Mera Kuru Ot Üretim Miktarı (Ton)***	İhtiyacı Karşılama Oranı (%)	Toplam Üretilen Kuru Ot (Ton)	İhtiyacı Karşılama Oranı (%)	Kaliteli Kaba Yem Açığı (ton)
20700359	81600815	15070113	18.47	13274324	16.27	28344437	34.74	53256378

* 600 kg canlı ağırlığındaki bir kültür ırkı sığırın (1 BBHB) günlük ihtiyacı olarak 10,8 kg kuru ot alınmıştır (Sabancı ve ark., 2013).

** 8'de Türkiye'nin 2020 yılı yem bitkileri üretimi (TÜİK 2021)

***Türkiye'nin Çayır ve Mera alanlarında Kuru Ot Verimi (Anonim, 2001; Anonim, 2002; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

Ülkemizde hayvancılığın önemli kaba yem kaynaklarından olan doğal çayır ve mera alanlarımız, 1940'lı yıllarda 44 milyon hektar dolaylarında ülkemiz toprağının yarısından fazlasını kaplarken (Kuşvuran ve ark., 2011), günümüzde ise 14-15 milyon hektar civarlarına (Anonim, 2001) gerilemiştir. Doğal yem alanlarımızda uzun zamanlardır süren aşırı, erken ve plansız otlatmalar sebebiyle bitki örtüleri bozulmuş ve ayrıca erozyona açık alanlar haline gelmişlerdir. 1940 yılında bir büyükbaş hayvan birimi (BBHB) başına 3,38 ha mera alanı düşerken (Kuşvuran ve ark., 2011), 2011 yılında 1.09 ha ve 2020 yılına gelindiğinde bu değer 0.7 ha'ya kadar düştüğü, 2020 yılında birim alan içerisinde otlayan hayvanların sayısı 1940 göre yaklaşık olarak 5 kat artmış olduğunu gösterir.

Baklagil yem bitkileri dışında yüksek verimli hayvanlar için protein, enerji ve mineralleri dengeli bir şekilde yapısında bulunduran başka bir yem grubu bulunmamaktadır (Conrad and Klopfenstein, 1998). Besin madde bakımından oldukça zengin olan baklagil yem bitkilerinin (fiğ, yem bezelyesi vb.) silolanarak depolanmaları verim kaybını azaltacak olmasının yanı sıra tarlanın bir sonraki ekim için erken boşatılması sağlanmış olacaktır. Ancak baklagil yem bitkilerinin suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) oranlarının düşük (Borreani ve ark., 2006), ham protein, tamponlama oranları ve mineral madde içeriklerinin yüksek olması (McDonald ve ark., 1991; Roke ve Hatfield, 2003) silolamalarını güçlendirmektedir. Güç silolanan yem bitkilerinin silolanması esnasında fermentasyonu desteklemek için katkı maddeleri kullanmak elzemdir. Bu amaç doğrultusunda SÇK bakımından zengin olan ürünler (melas, arpa, mısır, buğday, şeker, meyve posaları vb.), enzimler, bakteri inokulantları, vb. gibi katkı maddelerinden faydalanılmaktadır (Aydın ve Denek, 2019; Broderick ve ark., 2002; Çiftçi ve ark., 2005; Canbolat ve ark., 2010; Kılıç, 2010; Kızılsimşek ve ark.,

2011; Seydoşoğlu, 2020; Seydoşoğlu, S., Gelir, G., Ayana Çam, B., 2020; Aydın, 2023).

Bu çalışmanın amacı pamuk ekiminde ara ürün olarak yetiştirilen ve farklı dönemlerde biçilen Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + Tritikale (*X Triticosecale* Wittm) Karışımı Hasıllarına değişik düzeylerde melas ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Şanlıurfa ili Haliliye ilçesinde özel bir teşebbüse ait pamuk tarlasında Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + tritikale (*X Triticosecale* Witt) sırasıyla 100 kg + 30 kg karışım yem bitkileri dönümüne 20 kg da⁻¹ ekimi yapıldı. Erken dönemde çiçeklenme başlangıcında (% 10 çiçeklenmeye kadar) ve geç dönemde kapsüllenme başlangıcında (% 10 kapsüllenmeye kadar) hasatları yapıldı.

Hasatları yapılan silajlık materyaller parçalanarak (5-7 cm) laboratuvar koşullarında 1.5 lt lik cam kavanozlarda 4'er tekerrür olarak kontrol (katkısız) ve farklı seviyelerde melas (% 2, % 4) ilavesi olarak, erken vejetasyon dönem için 24 kavanoz, geç vejetasyon dönem için 24 kavanoz olarak toplam 48 kavanoz şeklinde aşağıdaki silaj grupları oluşturuldu. Melas taze silajlık materyale ilave edilmiştir (w/w).

Silajlık materyali olarak kullanılan Macar fiği + tritikale, melas ve elde edilen silajların ham kül (HK), kuru madde (KM) ve ham protein (HP) içerikleri AOAC (2005)'nin bildirdiği metotla belirlenmiştir. Asit Deterjan Fiber (ADF) ve Nötral Deterjan Fiber (NDF) içerikleri ise Van Soest ve ark. (1991)'nin bildirdikleri yönteme göre, Ankom (A-220) analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Silaj sıvısının pH değeri hızlıca pH ölçüm cihazıyla (Hanna-HI-9813) belirlenmiştir (Polan et al., 1998). Silajların laktik asit analizleri ve uçucu yağ asidi analizleri (propiyonik, asetik ve bütirik asit) Suzuki ve Lund (1980)'un bildirdikleri metoda göre; High Performance Liquid

Chromotography (HPLC) cihazından (Shimadzu L.C-20 AD HPLC pump, shimadzu SIL-20 ADHT Autosampler, Shimadzu SPD M20A Detector (DAD), Shimadzu cto-20ac Columun oven, Icsep Coregel (87H3 colon)) istifade edilerek belirlenmiştir. Silajların toplam azot (TN) içerisindeki amonyak azotu (NH₃-N) oranı AOAC (1990) tarafından bildirilen yöntemle belirlenmiştir.

Menke ve ark. (1988) tarafından bildirilen metoda göre gaz üretim tekniği uygulanmıştır. 24 saat boyunca üretilen gaz miktarları kullanılarak Menke ve ark. (1979) tarafından bildirilen eşitlikle yem örneklerinin ME ve İVOMS değerleri hesaplanmıştır. Silaj yemlerinin niteliği

hakkında genel bir bilgi vermek adına Alman Tarım Örgütünce (Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft, 1987) geliştirilen fleig puanlama (FP) yöntemi kullanılmıştır (Kılıç, 1986; Alçiçek ve Özkan 1996).

$$\text{ME (MJ kg}^{-1}\text{ KM)} = 2.20 + 0.136 \times \text{GÜ} + 0.057 \times \text{HP}$$

$$\text{İVOMS(\%)} = 14.88 + 0.889 \times \text{GÜ} + 0.45 \times \text{HP} + 0.0651 \times \text{HK}$$

GÜ: 24 saatlik inkubasyon neticesinde meydana gelen net gaz üretim miktarı (ml).

HP: Ham protein içeriği (% , KM).

HK: Ham kül içeriği (% , KM).

Fleig puanı: $220 + (2 \times \text{KM}(\%) - 15) - 40 \times \text{pH}$ (Kılıç, 1986).

Tablo 3. Fleig puanına göre silaj kalite sınıfı (Kılıç, 1986).

Fleig puanı	Silaj kalite sınıfı
81 ve 100	pekiyi
61-80	iyi
41-60	memnuniyet verici
21-40	orta
0-20	kötü

Yem bitkileri erken ve geç dönemlerde tesadüfi olarak 1 x 1 = 1 m² lik birim alan içerisinde 5'er tekerrür olacak şekilde biçimi yapılarak hassas terazide tartımı yapılarak yeşil ot verimi (V_{YO}) bulunmuş olup, değer daha sonra kg/da dönüştürülmüştür. Yeşil otlardan 25'er gr numuneler alınıp, kuru madde (KM) ve ham protein (HP) içerikleri AOAC (2005)'nin bildirdiği metotla belirlenmiştir. Elde edilen KM ve HP değerleri kullanılarak dekadaki kuru ot verimleri (V_{KO}, kg da⁻¹) ve ham protein verimleri (V_{HP}, kg da⁻¹) aşağıdaki formüllere göre hesaplamaları yapılmıştır.

$$\text{V}_{\text{KO}} (\text{kg da}^{-1}) = \text{V}_{\text{YO}} (\text{kg/da}) \times \text{KM} (\%) / 100$$

$$\text{V}_{\text{HP}} (\text{kg da}^{-1}) = \text{V}_{\text{KO}} (\text{kg/da}) \times \text{HP} (\%) / 100$$

Silajlık materyali olarak kullanılan Macar fiği+tritikle bitki hasılları 2 farklı dönem ve katkısız ile 2 farklı melas seviyesi ilave edilerek hazırlanan silajların istatistiksel değerlendirmesi, dönem, katkı

ve dönem x katkı etkilerinin belirlenmesi maksadıyla faktöriyel deneme desenine göre (2x3) analiz yapılmıştır. Ayrıca etkilerin hangi dönem veya melas seviyesinden kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla Duncan karşılaştırma testi kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Bu amaçla SPSS paket programından yararlanılmıştır (SPSS, 2008).

3. Bulgular ve Tartışma

Silajların hazırlanmasında kullanılan yem maddelerinin silaj öncesi ham besin madde içerikleri (KM, HK, HP, ADF, NDF, İVOMS ve ME), silajlık materyallerinin yeşil ot, kuru ot ve ham protein verimleri (V_{YO}, V_{KO} ve V_{HP}, kg/da) ve silajların KM, HK, HP, ADF, NDF, İVOMS, ME, NH₃-N/TN, LA, AA, PA, BA ve FP değeri ile interaksiyon analizleri tablo 4-6 verilmiştir.

Tablo 4. Silajların hazırlanmasında kullanılan yem maddelerinin silaj öncesi ham besin madde içerikleri

Dönem	Bitki	KM	HK	HP	ADF	NDF	İVOMS	ME
Erken	Macar Fiği+ Tritikale	21.97	11.36	16.85	33.51	52.86	64.56	9.49
Geç	Macar Fiği+ Tritikale	38.73	9.93	15.41	34.4	51.6	59.81	8.79
	Melas	77.77	10.12	14.14	-	-	76.02	11.29

KM: Kuru madde, %; **HK:** Ham kül, % KM; **HP:** Ham protein, % KM; **ADF:** Asit deterjanda çözünmeyen lif, % KM; **NDF:** Nötral deterjanda çözünmeyen lif, %KM; **İVOMS:** *İn vitro* organik madde sindirilebilirliği, % KM; **ME:** Metabolik enerji, MJ/kg KM.

Tablo 5. Farklı dönemlerde biçilen silajlık materyallerinin yeşil ot, kuru ot ve ham protein verimleri

Dönem	Bitki	V _{YO} (kg/da)	KM Oranı (%)	V _{KO} (kg/da)	HP Oranı (%)	V _{HP} (kg/da)
Erken	Macar Fiği+ Tritikale	1759	21.97	386	16.85	65.12
Geç	Macar Fiği+ Tritikale	1014	38.73	393	15.41	60.52

KM: Kurum madde (%). **HP:** Ham protein % (KM); **V_{YO}:** Yeşil ot verimi (kg/da). **V_{KO}:** Kuru ot verimi (kg/da). **V_{HP}:** Ham protein verimi (kg/da). **Kg:** Kilogram. **Da:** Dekar

Yapılan çalışmada silajlara melas ilavesinin artışa bağlı olarak KM değerlerindeki yükselme istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Silajlara melas ilavesinin KM değerinin yükselmesinin sebebi melasın KM değerinin (%77.77) yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Katkı maddesi olarak melas ilavesinin silajlardaki KM değerlerini yükselttiği bildiriler (Dumlu Gül ve Tan, 2015; Sibanda ve ark., 1997; Can ve ark., 2003; Canbolat ve ark., 2019) bu çalışmalardan elde edilen sonuçları desteklemektedir. Yapılan çalışmada geç dönemde hazırlanan silajların KM değerleri erken dönemde hazırlanan silajlara göre yüksek bulunmuştur ($P<0.001$). Bitkilerde vejetasyonun ilerlemesine bağlı olarak geç dönemdeki silajların KM seviyesinin erken dönemdeki silajlara göre daha yüksek olması diğer literatür bilgileri ile uyum göstermektedir (Shamma, 1992; Moore ve Kenedy, 1994; Ashbell, 1997; Siefers ve Bolsen, 1997; İptaş ve Avcıoğlu, 1997; Aldemir ve Bolat 2019). Khorasani ve ark. (1993) KM değeri % 20'den düşük, % 45'den yüksek silajlık materyallerle hazırlanan silajlarda fermentasyon süresinin uzadığını, pH değerlerindeki düşüşün hızlı olmadığını, proteolizis neticesinde silajlardaki $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerlerinin arttığını, HP değerlerinin azaldığını ve silajlarda besin

madde kayıplarının görüldüğünü bildirmektedirler. Bu çalışmada Macar fiği + tritikale karışımlarının erken dönem (çiçeklenme başlangıcı) kontrol grubu (% 19.03) hariç, diğer silajların KM değerleri (% 23.06- 41.37) Khorasani ve ark. (1993)'nın bildirdikleri KM aralığı (% 20-45) arasında bulunmuştur. Kaliteli silajların pH değerleri 3.5-4.2 arasında olması istenilirken, baklagil yem bitkilerinden yapılan silajlarda ise bu değerler 4.00-5.00 arasında bulunması kabul edilebilir değerler olarak görülmektedir (Rondahl ve ark., 2011). Erken ve geç dönem Macar fiği + tritikale silajların kontrol grupların pH değerleri (5.60 ve 5.38) hariç diğer gruplarda elde edilen pH değerleri (4.05-4.59) baklagil silajları için kabul edilebilen pH değerleri (4.00-5.00) aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada görüldüğü üzere silajlara melas ilavesinin laktik asit bakterileri (LAB) tarafından SÇK kaynağı olarak kullanıldığı ve fermentasyon esnasında LA bakterilerinin (LAB) laktik asit (LA) üreterek ortamın pH sını düşürdüğü düşünülmektedir. Çalışmada geç dönemde hazırlanan silajların pH değerleri erken dönemde hazırlanan silajlara göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0.001$). Geç dönemde hazırlanan silajların pH değerlerinin yüksek olmasının sebebi vejetasyonun ilerlemesine bağlı olarak bitkilerdeki KM oranlarının yükseldiği ve su

aktivitelerinin azalması neticesinde silodaki
fermantasyonda rol alan

mikroorganizmaların gelişimini baskılaması
neticesinde olabilir.

Tablo 6. Farklı dönemlerde (erken ve geç) biçilen macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + tritikale (*X Triticosecale* Witt) karışımı hasıllarına farklı seviyelerde (% 0, % 2 ve % 4) melas ilave edilerek hazırlanan silajların interaksiyon analizleri (% KM).

	Erken				Geç				Dönem		
	Kontrol	%2M	%4M	SEM	Kontrol	%2M	%4M	SEM	Erken	Geç	SEM
KM	19.03 ^c	23.06 ^b	24.33 ^a	0,28	38.77 ^c	40.43 ^b	41.37 ^a	0,28	22,14	40,19	0,16
HK	13.83 ^a	12.45 ^b	12.01 ^b	0,27	10,47	10,65	10,2	0,27	12,76	10,44	0,15
HP	15.85 ^c	17.58 ^a	17.12 ^b	0,1	15.38 ^b	15.74 ^a	15.65 ^{ab}	0,1	16,85	15,59	0,06
ADF	33.18 ^a	28.55 ^b	27.86 ^c	0,17	33.49 ^a	32.92 ^b	32.10 ^c	0,17	29,86	32,84	0,1
NDF	51.63 ^a	45.47 ^b	43.12 ^c	0,23	48.53 ^a	46.34 ^b	45.10 ^c	0,23	46,74	46,66	0,13
İVOMS	61.44 ^b	70.19 ^a	72.05 ^a	1,02	57.77 ^b	60.71 ^b	63.48 ^a	1,02	67,89	60,74	0,59
ME	9.00 ^b	10.33 ^a	10.62 ^a	0,16	8.48 ^b	8.92 ^b	9.39 ^a	0,16	9,98	8,93	0,09
pH	5.60 ^a	4.11 ^b	4.05 ^b	0,05	5.38 ^a	4.55 ^b	4.59 ^b	0,05	4,59	4,84	0,28
NH₃-N/TN	26.71 ^a	15.47 ^b	15.01 ^b	0,48	7,22	7,13	6,65	0,48	19,06	7	0,28
LA	29.66 ^c	48.41 ^b	54.13 ^a	1,44	17.45 ^b	25.97 ^a	24.84 ^a	1,44	44,07	22,76	0,83
AA	12.11 ^b	14.13 ^{ab}	16.08 ^a	0,59	15,38	16,81	16,27	0,59	14,16	16,15	0,34
PA	0,77	0,86	0,94	0,07	0,58	0,43	0,45	0,07	0,86	0,49	0,04
BA	10.42 ^a	6.05 ^b	5.63 ^b	0,42	4.21 ^a	3.20 ^b	3.07 ^b	0,42	7,37	3,49	0,24
FP	18.97 ^b	86.82 ^a	91.76 ^a	2,26	67.54 ^b	103.87 ^a	104.13 ^a	2,26	65,85	91,84	1,3

^{a-c}Aynı satırda içerisinde farklı harf bulunduran değerler farklı bulunmuştur (*: P<0.05. **: P<0.01. ***:P<0.001 ve ÖD: Önemli değil). **M**: Melas. **KM**: Kuru madde, %. **HK**: Ham kül, % KM. **HP**: Ham protein, %KM. **ADF**: Asit deterjanda çözünmeyen lif, %KM. **NDF**: Nötral deterjanda çözünmeyen lif, % KM. **İVOMS**: *İn vitro* organik madde sindirilebilirliği, %KM. **ME**: Metabolik enerji, MJ/kg KM. **NH₃-N/TN**: Amonyak azotun (NH₃-N) Toplam azot (TN) içeriğindeki oranı %. **LA**: Laktik asit, g/kg KM. **AA**: Asetik asit, g/kg KM. **PA**: Propiyonik asit, g/kg KM. **BA**: Bütirik asit, g/kg KM. **FP**: Fleig Puanı (Peki: 81-100, iyi: 61-80, orta:41-60, değeri az:21-40, kötü: 0-20). **SEM**: Ortalamaların standart hatası.

Tablo 6. (Devamı)

	Katki				Etkiler		
	Kontrol	%2M	%4M	SEM	Dönem	Katki	Dönem x Katki
KM	28.90 ^c	31.75 ^b	32.85 ^a	0,2	***	***	***
HK	12.15 ^a	11.55 ^b	11.11 ^b	0,19	***	**	**
HP	15.61 ^c	16.66 ^a	16.39 ^b	0,06	***	***	***
ADF	33.33 ^a	30.73 ^b	29.98 ^c	0,12	***	***	***
NDF	50.08 ^a	45.90 ^b	44.11 ^c	0,16	ÖD	***	***
İVOMS	59.61 ^c	65.45 ^b	67.90 ^a	0,72	***	***	*
ME	8.74 ^c	9.62 ^b	10.01 ^a	0,11	***	***	*
pH	5.49 ^a	4.33 ^b	4.32 ^b	0,04	***	***	***
NH₃-N/TN	16.96 ^a	11.30 ^b	10.83 ^b	0,34	***	***	***
LA	23.56 ^b	37.19 ^a	39.49 ^a	1,02	***	***	***
AA	13.74 ^b	15.56 ^a	16.17 ^a	0,41	***	**	*
PA	0.68 ^a	0.64 ^a	0.70 ^a	0,05	***	ÖD	ÖD
BA	7.32 ^a	4.63 ^b	4.35 ^b	0,29	***	***	***
FP	43.25 ^b	95.34 ^a	97.94 ^a	1,6	***	***	***

^{a-c}Aynı satırda içerisinde farklı harf bulunduran değerler farklı bulunmuştur (*: P<0.05. **: P<0.01. ***:P<0.001 ve ÖD: Önemli değil). **M**: Melas. **KM**: Kuru madde, %. **HK**: Ham kül, % KM. **HP**: Ham protein, %KM. **ADF**: Asit deterjanda çözünmeyen lif, %KM. **NDF**: Nötral deterjanda çözünmeyen lif, % KM. **İVOMS**: *İn vitro* organik madde sindirilebilirliği, %KM. **ME**: Metabolik enerji, MJ/kg KM. **NH₃-N/TN**: Amonyak azotun (NH₃-N) Toplam azot (TN) içeriğindeki oranı %. **LA**: Laktik asit, g/kg KM. **AA**: Asetik asit, g/kg KM. **PA**: Propiyonik asit, g/kg KM. **BA**: Bütirik asit, g/kg KM. **FP**: Fleig Puanı (Peki: 81-100, iyi: 61-80, orta:41-60, değeri az:21-40, kötü: 0-20). **SEM**: Ortalamaların standart hatası.

Yapılan bu çalışmada geç dönemde hazırlanan silajların HP değerleri erken dönemde hazırlanan silajlara göre düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Bitkilerin vejetasyon döneminin ilerlemesine bağlı olarak HP değerlerinde düşüşler görülmekte olup, bu sonuç daha önce yapılmış birçok çalışma ile uyum göstermektedir (Bingöl ve ark., 2008; Bingöl ve ark., 2010; Dumlu Gül ve Tan, 2015; Kavut ve Geren, 2017; Turan, 2019). Yapılan çalışmada melas ilave edilerek hazırlanan silajların HP değerleri, kontrol gruplarına göre yüksek bulunmuştur ($P<0.001$). Bunun sebebi katkı maddesi olarak SÇK bakımından zengin olan melasın ilave edilmesinin bitki proteinlerinin proteolizisten (proteinin parçalanması) muhafaza etmesine bağlanabilir. Silajlarda proteaz enzimlerinin aktiviteleri düşük pH değerlerinde azalmaktadır (Finley ve ark., 1980; McKersie, 1985; Muc, 1988; Henderson, 1993). Bu yüzden silajlardaki pH değerinin hızlı bir şekilde düşürülmesi istenilmektedir. Laktik asit bakterileri ortamda yeterli miktarda SÇK olması durumunda silajlara yeterli miktarlarda laktik asit üretebilirler (Filya, 2001; Slottner ve Bertilson, 2006). Silajda yeterli miktarda SÇK bulunması durumunda laktik asit bakterileri bunları kullanarak laktik asit üreterek ortamın pH'ını hızlıca düşürerek gerek bitki ve gerekse *clostridial* mikroorganizmalar tarafından salınan proteaz enzimlerinin aktivitelerini azaltarak silajlarda proteolizisin düşmesi neticesinde HP değerlerinde yükselme şekillenebilir. Bu çalışmada hazırlanan silajların HP değerleri (% 13.38-17.58 KM); Canbolat ve ark. (2019)'nın yem bezelyesine farklı seviyelerde melas (% 0, % 1.5, % 3, % 4.5 ve % 6) ilave ederek hazırladıkları silajların HP değerlerine (% 16.09-16.77 KM), Kaymak ve ark (2021)'nin yem bezelyesi ile tek yıllık çim hasıllarından hazırladıkları silajların HP değerlerine (% 12.96-16.31 KM) yakın bulunurken, Koç ve ark (91)'nin fiğ + tahıl karışımlarına organik asit ilavesiyle hazırladıkları silajların HP

değerlerinden (% 8.40-10.98 KM) yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada melas ilave edilerek hazırlanan silajların $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerleri, kontrol gruplarına göre düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Silajdaki aminoasitlerin yıkımlanması en önemli sebebi bitki enzimlerinden ziyade silodaki mikrobiyal aktivitedir (McDonald ve ark., 2002). Silo içerisinde silajların fermantasyonu esnasında meydana gelen amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) bitkilerin yapısında bulunan proteinlerin Clostridial mikroorganizmalar tarafınca yıkımlanması neticesinde oluşmakta ve Clostridial aktivite düşük SÇK ve KM içeriklerine sahip silajlarda artmaktadır (Kung, 2010). Silajlarda melas ilavesinin LA bakterileri tarafından SÇK kaynağı olarak kullanıldığı ve fermantasyon esnasında mikrobiyal proteolizis azalttığı düşünülmektedir. Bu çalışmada geç dönemde hazırlanan silajların $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerleri, erken dönemde hazırlanan silajların $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerlerine kıyasla daha düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Vejetasyonun ilerlemesine bağlı olarak silajlardaki $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerlerinde düşüş daha önce yapılmış çalışmalara benzerlik göstermektedir (Bingöl ve ark., 2008; Bingöl ve ark., 2010). Vejetasyonun ilerlemesine bağlı olarak silajlardaki $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerlerinde düşüş silajların HP değerlerinin düşmesi, KM oranının artması ve su aktivitesinin düşmesi neticesinde mikrobiyal faaliyetin ve proteaz enzim aktivitenin azalması sonucu olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada melas ilave edilen silajların, kontrol silajlarına kıyasla İVOMS değerlerindeki artışlar önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Silajlara melas ilavesinin İVOMS değerlerini yükseltmesinin sebebi melasın SÇK bakımından zengin olması ve silolarda laktik asit bakterilerinin fermantasyonunu artırarak bitkilerdeki ADF ve NDF'nin parçalanmasını artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada vejetasyon döneminin ilerlemesine bağlı olarak İVOMS değerlerinde düşüşler önemli

görülmüştür ($P<0.001$). Vejetasyonun ilerlemesine bağlı olarak İVOMS değerlerinin düşmesinin sebebi ise bitkilerdeki ADF ve NDF değerlerinin yükselmesine bağlı olduğu düşünülmektedir. Vejetasyonun ilerlemesi ile İVOMS değerlerindeki düşüş literatür bilgileri ile uyumlu bulunmuştur (Bingöl ve ark., 2008; Bingöl ve ark., 2010; Deniz ve ark., 2001).

Bu çalışmada katkı maddesi olarak melas ilave edilen silajların ADF ve NDF değerleri, kontrol silajlarına kıyasla düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Katkı maddesi olarak melas ilave edilen silajların ADF ve NDF değerlerinde düşüş görülmesi, melasta ADF ve NDF bulunmamasından ve melasın SÇK içeriğinin yüksek olmasına bağlı olarak laktik asit bakterilerinin SÇK'yı kullanmasıyla laktik asit üretimini artırarak bitkilerdeki ADF ve NDF'lerin parçalanmasını artırdığı düşünülmektedir. Bolsen ve ark. (1996)'nın melas ilave ederek hazırladıkları silajlarda ADF ve NDF değerlerindeki azalmayı, melasın laktik asit üreten bakteriler başta olarak bazı anaerobik bakterilerin sayılarını artırmasına bağlı olarak HS, ADF ve NDF'nin parçalanmasını artırmalarından kaynaklanabileceğini bildirmektedir. Silajlara melas ilave edilmesinin ADF ile NDF değerlerini düşürmesi önceki çalışmalara uyum göstermiştir (Bingöl ve ark., 2008; Bingöl ve ark., 2010; Canbolat ve ark., 2019).

Macar fiği + tritikale karışım silajlarında en yüksek LA değeri erken dönem % 4 oranında melas ilave edilen grupta (54.12 g/kg KM) bulunmuştur. Bu çalışmada hazırlanan silajlara katkı maddesi olarak SÇK bakımından zengin olan melasın ilavesinin kontrol gruplarına göre LA değerini yükseltmesi önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Kontrol gruplarına kıyasla melas katkısının LA değerlerini artırması, melasın ortama sağladığı SÇK bağlı olarak laktik asit bakterilerinin enerji kaynağı olarak melas kaynaklı SÇK'ler kullanmasından dolayı silajlarda laktik asit değerlerinin artırdığı düşünülmektedir

(Castle ve Watson, 1985; Jones, 1988; Moseley ve Ramanathan, 1989; McDonald ve ark., 1991; Weinberg ve ark., 1999; Bingöl ve ark., 2008; Aldemir ve Bolat, 2019; Canbolat ve ark., 2019). Bu çalışmada hazırlanan silajlardaki LA değerleri ($17.45\text{-}54.13 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$); Bingöl ve ark. (2010)'nın arpa + korunga karışım bitkilerinin farklı vejetasyon dönemlerinde ve farklı seviyelerde (% 0, % 2, % 4 ve % 6) melas ilave edilerek hazırladıkları silajların LA değerlerine ($29.10\text{-}49.30 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) yakın bulunurken; Turan (2019)'nın Macar fiği+arpa bitkilerinin farklı seviyelerde karıştırılarak hazırladıkları silajların LA değerlerinden ($14.40\text{-}17.00 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) yüksek bulunmuştur. Weinberg ve Ashbell (2003), Alççek ve Özdoğan (1997) ve McDonald ve ark. (1991) kaliteli bir silajda LA seviyesinin % 2 ($20 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$)'ın üstünde olması gerektiğini bildirmektedir. Bu çalışmada geç dönem kontrol grubu (17.45 g kg^{-1} (% 1.75 KM) haricinde diğer silajların LA değerleri ($24.89\text{-}54.13 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) bahsedilen seviyenin üzerinde bulunmaktadır. Bu çalışmada silajlara melas ilavesi genellikle silajlarda AA değerlerini yükseltmiştir. Bunun sebebi SÇK bakımından zengin olan melasın ortamdaki fermentasyonu artırdığı düşünülmektedir. Bu çalışmada silajların AA değerleri üzerine dönemin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Bingöl ve ark. (2010)'nın arpa + korunga karışım bitkilerinin farklı biçimlerde kontrol gruplarında hazırladıkları silajlarda II. biçim (% 28-31 KM) AA değeri ($21.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) I. biçim (% 24-27 KM) AA değerinden ($19.00 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) yüksek bulmuş (vejetasyonun ilerlemesi ve KM değerlerin artmasına bağlı olarak AA değeri yükselmiş) yapılan çalışma ile uyum göstermektedir. Silonun açılması neticesinde oluşan aerobik şartlarda maya ve mantarlar çoğalmaya başlarken, asetik asit aerobik şartlarda maya ve mantarların çoğalmasını baskılayarak aerobik stabiliteyi yükselttiği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Danner ve ark., 2003; Schmidt ve ark., 2009). En yüksek BA değerleri erken

dönem kontrol grubunda ($10.42 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) tespit edilmiştir. Bu çalışmada % 2 ve % 4 oranlarında melas ilavesiyle hazırlanmış silajların BA değerleri, kontrol silajlarındaki değerlerinden düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Siloda pH değerinin 4'e düşürülmesi bitki proteaz aktiviteleri oldukça düşürmekte ancak tamamen sonlandırmamaktadır (Muck, 1988; Henderson 1993). Düşük pH değerlerinde; bitki proteaz enzimlerin aktiviteleri önemli derecede azalmakta (Finley ve ark., 1980; McKersie, 1985) ve anaerobik mikroorganizmalardan biri olan Clostridialar (Sakkarolitik Clostridialar, SÇK'ları parçalayarak bütirik asit üretirken, proleolitik Clostridialar ise aminoasitleri yıkılmayarak bütirik asit, propiyonik asit, asetik asit ve aminlere dönüştürür) etki gösteremeyerek aktivitelerini hızlıca kaybetmektedir (McDonald, 1981). Bu sebeptendir ki hem bitki hem de mikrobiyal proteaz enzim aktivitelerini azaltmak için silo içerisindeki pH değerinin hızlıca düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için silaj fermentasyonu sürecinde laktik asit bakterilerinin ortamda baskın mikroorganizmalar olması gerektiği, bunu sağlamak için ortamda yeterli miktarda SÇK'nın olmasına gereksinim duyulmaktadır (Kendall, 1978; Filya, 2001; Slottner, 2006). İyi bir silaj fermentasyonu neticesinde elde edilen kaliteli bir silajda BA bulunmaması tercih edilirken, % 0.1-0.7 ($1-7 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) aralığında BA olması kabul edilebilir aralıkta olduğu bildirilmektedir (Woolford, 1984; Weinberg ve Ashbell, 2003). Bu çalışmada erken dönem kontrol grubu silajı ($10.42 \text{ g kg}^{-1} \text{ KM}$) hariç, bu çalışmada hazırlanan tüm silajların BA değerleri ($2.83-6.05 \text{ g kg}^{-1}$ (% 0.28-0.61) KM) kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur. Melas ilave edilen tüm gruplarda fleig puanı kontrol gruplarına göre artmıştır ($P<0.001$). Bunun nedeni melasın KM oranının yüksek olması ve SÇK bakımından zengin olması sebebiyle silajların KM değerlerini artırdığı ve pH değerlerini ise düşürmesi neticesinde fleig puanları yükseldiği düşünülmektedir.

Ülkemizde bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber genellikle nisan ayının son haftaları ile mayıs ayında pamuk ekimi yapılırken ve eylül ayının son haftaları ile ekim ayında hasatı yapılmaktadır. Kasım ayından başlayarak nisan ayına kadar yaklaşık olarak 6 aylık bir süre tarla genellikle boş bırakılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu süre zarfında tarlalarda yem bitkisi tarımının rahatlıkla yapılabileceği görülmüştür. Pamuk ekim alanlarında ara ürün olarak Macar fiği + tritikale karışımının ekilebileceği ve hasıllarına % 2 veya % 4 oranında melas katılarak kaliteli silajlar elde edilebileceği, sonuç olarak toprağa organik madde, çiftçi ekonomisine ve kaliteli kaba yem açığının azalmasına katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Açıklama

Bu, çalışma ilk yazarın doktora lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Alçiçek, A., 1995. Silo yemi: önemi ve kalitesini etkileyen faktörler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayını No. 22, İzmir.
- Alçiçek, A., 2001. Süt ineklerinin yemlenmesinde yeni teknikler. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 100.
- Alçiçek, A. 2002. Süt sığırı rasyonu yapımında temel ilkeler. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 106, 124-135.

- Alçiçek, A., Özdoğan, M., 1997. Çiftçi koşullarında yapılan mısır ve arpa silo yemlerinde silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 37: 94-102.
- Alçiçek, A., Özkan, K., 1996. Silo yemlerinde destilasyon yöntemi ile süt asiti, asetik asit ve bütirik asit tayini. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2-3): 191-198.
- Alçiçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., Özdoğan, M. 2003. Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. http://www.zmo.org.tr/resimler/ek-ler/819fb9034f79627_ek.pdf (Erişim tarihi: 10.02.2024).
- Alçiçek, A., Tarhan, F., Özkan, K., Adışen, F., 1999. İzmir ili ve civarında bazı süt sığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinin besin madde içeriği ve silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 39-40.
- Aldemir, R., Bolat, D. 2019. Tritikale silajına kuru şeker pancarı posası katılmasının silaj kalitesi üzerine etkisi. *Van Veterinary Journal*, 30(1): 57-61.
- Anonim, 2001. Genel Tarım Sayımı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Anonim, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Resmi İnternet Sitesi Verileri.
- AOAC International. 2005. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, pp. 66-88.
- Ashbell, G., 1997. Whole wheat plants for silage in sub-tropical climate. *Türkiye Birinci Silaj Kongresi*, (pp. 16-19). İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- Avcıoğlu, R., Soya, H., Açıkgöz, E., Tan, A. 2000. Yem bitkileri üretimi. In R. Avcıoğlu (Ed.), *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, 1. Cilt (pp. 567-585). Ankara.
- Aydın, S.S., 2023. Evaluation of the usage of wafer waste as an easily soluble carbohydrate source in alfalfa silage. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 12(1): 41-46.
- Aydın, S.S., Denek, N., 2019. Farklı sükröz seviyeleri ve inkubasyon sürelerinde hazırlanan fermente edilmiş doğal laktik asit sıvısının yonca silajı kalitesine etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8(1): 44-51.
- Bilgen, H., Alçiçek, A., Sungur, N., Eichhorn, H., Walz, O.P., 1996. Ege bölgesi koşullarında bazı silajlık kaba yem bitkilerinin hasat teknikleri ve yem değeri üzerine araştırmalar. *Hayvancılık'96 Ulusal Kongresi*, 1, 781-789.
- Bingöl, N., Bolat, D., Karşı, M., Akça, İ., 2010. Arpa hasılı ve korunga karışımı silaja farklı düzeylerde melas ilavesinin silaj kalitesi ve sindirilebilirliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 4(1): 23-30.
- Bingöl, N., Karşı, M., Bolat, D., Akça, İ. 2008. Vejetasyonun farklı dönemlerinde hasat edilen korungaya ilave edilen melas ve formik asit'in silaj kalitesi ve in vitro kuru madde sindirilebilirliği üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 61-66.
- Bolsen, K.K., Ashbell, G., Weinberg, Z.G. 1996. Silage fermentation and silage additives review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 9(5): 483-494.
- Borreani, G., Cavallarin, L., Antoniazzi, S., Tabacco, E. 2006. Effect of the stage of growth, wilting and inoculation in field pea (*Pisum sativum* L.) silages. I. Herbage composition and silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1377-1382.
- Broderick, G.A., Mertens, D. R., Simons, R. 2002. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 85(7): 1767-1776.

- Can, A., Denek, N., Yazgan, K., 2003. Şeker pancarı yaprağına değişik katkı maddeleri ilavesinin silaj kalitesi ile in vitro kuru madde sindirilebilirlik düzeylerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(2): 26-29.
- Canbolat, Ö., Akbay, K., Kamalak, A. 2019. Yem bezelyesi silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak melas kullanma olanakları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 122-130.
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, S., Filya, İ. 2010. Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2): 269-276.
- Castle, M.E., Watson, J.N. 1985. Silage and milk production: Studies with molasses and formic acid as additives for grass silage. *Grass and Forage Science*, 40(1): 85-92.
- Conrad, H.R., Klopfenstein, T.J., 1988. Role in livestock feeding- Greenchop, silage, hay and dehy. In A. A. Hanson et al. (Eds.), *Alfalfa and alfalfa improvement* (pp. 539-551). Argon. Monogr. 29. ASA, CSSA, and SSSA.
- Çiftçi, M., Çerçi, İ.H., Dalkılıç, B., Güler, T., Ertaş, O.N., 2005. Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2): 93-98.
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E., Braun, R., 2003. Acetic acid increases stability of silages under aerobic conditions. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 69: 562-567.
- Deniz, S., Demirel, M., Tuncer, Ş. D., Kaplan, O., Aksu, T., 2001. The possibilities of using sugar beet pulp silage produced by different methods in lamb and dairy cow rations 1-Obtaining high quality sugar beet pulp silage. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25(6): 1015-1020.
- Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft. 1987. DLG –Pattern for the evaluation of the fermentation quality of grass silages on the basis of chemical analyses. Frankfurt Am Main: Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft. Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu. Merkblatt, No. 224 DLG Verlag.
- Dumlu Gül, Z., Tan, M. 2015. Baklagil yem bitkilerinin silajlık olarak kullanılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2): 189-193.
- Duru, A.A., Kaya, Ş., 2015. Zeytin posası silajının hayvan beslemede kullanım olanakları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1): 64-71.
- Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M.K., Küçükersan, S., Şehu, A., 2002. Yemler yem hijyeni ve teknolojisi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara.
- Filya, İ. 2001. Silaj fermentasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1): 87-93.
- Finley, J.W., Pallavicini, C., Kohler, G.O., 1980. Partial isolation and characterization of Medicago sativa leaf proteases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31: 156-161.
- Görü, N., Seydoşoğlu, S., Bazı serin iklim tahıllarının (yulaf, arpa, çavdar ve tritikale) yaygın fiğ ile farklı oranlarda karışımlarında silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1): 26-33.
- Henderson, N., 1993. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45: 35-56.
- İptaş, S., Avcıoğlu, R., 1997. Mısır, sorgum ve sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde farklı hasat devrelerinin silo yemi niteliğine etkisi. *Türkiye Birinci Silaj Kongresi*, 16-19 Eylül, Bursa s: 42-51.
- Jones, D.I.H., 1988. The effect of cereal incorporation on the fermentation of spring and autumn cut silages in laboratory silos. *Grass and Forage Science*, 43(2):167-172.

- Kavut, Y., Geren, H., 2017. Farklı hasat zamanlarının ve karışım oranlarının İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) + baklagil yembitkisi karışımlarının verim ve bazı silaj kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(2): 115-124.
- Kaymak, G., Gülümser, E., Can, M., Acar, Z., Ayan, İ., 2021. Yapraklı ve yarı yapraklı yem bezelyesi çeşitleri ile tek yıllık çim karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2): 1595-1602.
- Kendall, N.V.G., 1978. Anormal silages and silage related disease problems. In *Literature review on fermentation of silage- A review* (pp. 281-332). Grants-In-Aid Committee. National Feed Ingredients Association.
- Khorasani, G. R., Okine, E. K., Kennelly, J. J., Helm, J. H., 1993. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 3536.
- Kılıç, A. 1986. Silo yemi öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri. Bilgehan Basımevi, İzmir.
- Kılıç, A., 2010. Silo yemi öğretimi (Öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri). Hasat Yayıncılık.
- Kızılışimşek, M., Erol, A., Kaplan, M. 2011. Karbonhidrat ve organik asit kaynağı olarak bazı meyve posaları ilavesinin yonca silajı kalitesi üzerine etkileri. *Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi*, 12-15 Eylül, Bursa, s:1720-1725.
- Koç, F., Coşkuntuna, L., Coşkuntuna, A., 2010. Farklı ortam sıcaklıklarında organik asit kullanımının fiğ-tahıl silajlarında fermentasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 159-165.
- Kung, J.R.L., 2010. Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. In *Proceedings of the California Alfalfa and Forage Symposium*, Visalia, pp. 41-54.
- Kuşvuran, A., Nazlı, R.İ., Tansı, V., 2011. Türkiye’de ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde çayır–mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. *Gaziosman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 21-32.
- McDonald, P., 1981. The biochemistry of silage. London, Chichester: John Wiley and Sons.
- McDonald, P., Edward, R. A., Dreenhalgh, Morgan, C. A. 2002. *Animal nutrition*. Gosport: Ashford Colour Pres Ltd.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S. J.E. 1991. The biochemistry of silage (2nd ed.). Chalcombe Publications.
- McKersie, B.D., 1985. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal*, 77: 81-86.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, 93(1): 217-222.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- Moore, C.A., Kenedy, S.J., 1994. The effect of sugar beet pulp-based silage additives on effluent production, fermentation, in-silo losses, silage intake and animal performance. *Grass and Forage Science*, 49: 54-64.
- Moseley, G., Ramanathan, V., 1989. The effect of dry feed additives on the nutritive value of silage. *Grass and Forage Science*, 44(4): 391-397.
- Muck, R.E., 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, 71(12): 2992-3002.

- Özder, M., Gaytancıoğlu, O., Yılmaz, J. 2001. Et ve süt üretimini etkileyen faktörler. *Süt ve Kırmızı Et Üretimi Kendine Yeterlilik Paneli*, 02 Mart, Tekirdağ.
- Polan, C.E., Stieve, D.E., Garrett, J.L. 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. *Journal of Dairy Science*, 81: 765-776.
- Rondahl, T., Bertilsson, J., Martinsson, K., 2011. Effects of maturity stage, wilting and acid treatment on crude protein fractions and chemical composition of whole crop pea silages (*Pisum sativum* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 163: 11-19.
- Rooke, J.A., Hatfield, R.D., 2003. Biochemistry of ensiling. *Publications from USDA-ARS / UNL Faculty*, 1399.
- Sabancı, C.O., Baytekin, H., Balanlı, C., Acar, Z., 2013. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası.
- Seydoşoğlu, S., 2020. Farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinin yem bezelyesi ile arpa karışımlarının ot verim performansına etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 2136-2142.
- Seydoşoğlu, S., Gelir, G., Ayana-Çam, B. 2020. Yem bezelyesi ve tritikale karışımlarında karışım oranları ile biçim dönemlerinin ot verimine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 9-13.
- Schmidt, R., Hu, W., Mills, J., Kung, L. 2009. The development of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* and their effects on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 92: 5005-5010.
- Shamma, M. 1992. Comparative evaluation of triticale and barley silage fermentation and its nutritional effect in sheep feeding. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran*, 49(1-2).
- Sibanda, S., Jingura, R.M., Topps, J.H., 1997. The effect of level of inclusion of the legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the chemical composition of grass and maize legume silages. *Animal Feed Science Technology*, 68: 295-305.
- Siefers, M.K., Bolsen, K.K., 1997. Agronomic and silage quality traits of winter cereals. *Türkiye Birinci Silaj Kongresi*, 16-19 Eylül, Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Slottner, D., Bertilsson, J., 2006. Effect of ensiling technology on protein degradation during ensilage. *Animal Feed Science and Technology*, 127(1-2): 101-111.
- SPPS Inc. 2008. *SPSS Statistics for Windows, Version 17.0*. Chicago.
- Suzuki, M., Lund, C.W., 1980. Improved gas liquid chromatography for simultaneous determination of volatile fatty acids and lactic acid in silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 1040-1041.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. 2021. Mera alanlarının yıllar itibariyle değişimi. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri> (Erişim tarihi: 15.05.2023)
- Turan, N., 2019. Macar fiği ile arpa yaşı otunun farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen silajın kimyasal kompozisyonu ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17: 787-793.
- TÜİK. 2021. Türkiye İstatistik Kurumu <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 09.03.2021)
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Weinberg, Z.G., Ashbell, G., 2003. Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, 13: 181-188.

Weinberg, Z.G., Ashbell, G.A., Hen, Y., 1999. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *L. plantarum*, applied at ensiling, on the ensiling fermentation and aerobic stability of wheat and sorghum silages. *Journal of Industrial*

Microbiology and Biotechnology, 23, 218-222.

Yolcu, H., Tan, M., 2008. Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3): 303-312.

Atıf Şekli: Oruç, A., Avcı, M., 2024. Pamuk Ekiminde Ara Ürün Olarak Yetiştirilen Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + Tritikale (X *Triticosecale* Wittm) Karışımı Hâsıllara Farklı Seviyelerde Melas İlavesinin Silaj Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 400–413.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11904700>.

To Cite: Oruç, A., Avcı, M., 2024. The Effect of Molasses Addition on the Silage Quality of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz) + Triticale (X *Triticosecale* Wittm) Mixture Grown as Intercrop in Cotton Cultivation. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 400–413.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11904700>.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yeşil Finans Alanında Yapılan Çalışmaların Yazın Taraması

Betül ŞAHİN^{1*}, Yaşar ŞAHİN²

¹ Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Trabzon

² Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, Trabzon

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

Geliş Tarihi (Received): 10.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.04.2024

Özet

Enerji, en genel ifadesiyle iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Enerji kaynakları; yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları bir kez kullanıldığında tekrar kullanılamazlar. Fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz vs.), yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Yenilenemez enerji kaynaklarından olan kömür, petrol, doğalgaz vs. gibi fosil yakıtlar, hızlı ve büyük oranda enerji vermeleri ve yaygın kullanımları ile popülerliğini korumaktadırlar. Ancak fosil yakıtların yaydıkları emisyonlar bir sera etkisi yaratarak iklim değişimine sebebiyet vermektedirler. Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, vb.), tekrar kullanılabilirliği, sürdürülebilirliği, uygun fiyatı, ulaşılabilirliği ve en önemlisi çevre dostu olmalarıyla geleceğin enerji kaynaklarıdır. Çok uzun yıllardır birincil enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu sebeple fosil yakıt kullanımının bir anda yerini yenilenebilir kaynaklara bırakması mümkün görünmemektedir. Zaman alacak olan bu dönüşüm ve değişim için en önemli kriterlerin başında finansal kaynak elde etme ve ilgili yatırımları gerçekleştirme becerisi gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının her tür finansı olarak tanımlanabilecek olan yeşil finans bu noktada hayati bir önem taşımaktadır. Yeşil finans, yeşil tahviller, yeşil krediler, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu yatırım fonları gibi finansal araçlar kullanarak, yatırımcılara çevresel ve sosyal etkileri olan projelere yatırım yapma imkânı sunan bir finans modelidir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Araştırmada 2023-2024 yılları aralığında, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan çalışmaların yazın taraması gerçekleştirilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans çalışmalarının önemi vurgulanarak, araştırmacılara bu konuda tavsiye ve yönlendirmelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, yenilenebilir enerji kaynakları, yeşil finans, yazın taraması

Literature Review of Studies Conducted in the Field of Renewable Energy Resources and Green Finance

Abstract

Energy can be roughly defined as the ability to do work. Energy sources; It is divided into two: renewable energy resources and non-renewable energy resources. Non-renewable energy sources cannot be used again once used. Fossil fuels (coal, oil, natural gas, etc.) are non-renewable energy sources. Fossil fuels such as coal, oil and natural gas, which are non-renewable energy sources, maintain their popularity because they provide energy quickly and in large amounts and are widely used. However, emissions from fossil fuels cause climate change by creating a greenhouse effect. Renewable energy sources (solar energy, biomass energy, hydroelectric energy, etc.) are the energy sources of the future due to their reusability, sustainability, affordable price, accessibility and, most importantly, environmental friendliness. Fossil fuels have been used as the primary energy source for many years. For this reason, it does not seem possible for fossil fuel use to be suddenly replaced by renewable resources. The most important criteria for this transformation and change, which will take time, are the ability to obtain financial resources and make the relevant investments. Green finance, which can be defined as all types of financing of renewable energy resources, is of vital importance at this point. Green finance is a finance model that offers investors the opportunity to invest in projects with environmental and social impacts by using financial instruments such as green bonds, green loans, and investment funds compatible with sustainable development goals. In this study, studies on renewable energy resources and green finance were examined. In the research, a literature review of studies using the keywords renewable energy resources and green finance was conducted between the years 2023-2024. The importance of renewable energy resources and green finance studies was emphasized and researchers were given advice and guidance on this subject.

Keywords: Energy, renewable energy, green finance, review

1. Giriş

Dünya nüfusunun artması, teknolojik gelişmeler ve büyüyen sanayi enerji talebini artırmış, var olan hali hazırdaki enerji kaynaklarını yetersiz kılmıştır. Bunun yanında fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve rezervlerinin tükeneceği ön görüşü uzmanları alternatif enerji kaynakları arayışına sürüklemiş, sürdürülebilir bir yapıya bürünmek isteyen şirketlerin inovatif bir yapıya ve yeni üretim yöntemlerine sahip olması zorunluluk halini almıştır (Şahin ve Demiral, 2023).

Enerji, en basit anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere kabaca ikiye ayrılabilir. Bir kez kullanıldıklarında bir daha kullanılamayacak hale gelen kaynaklara yenilenemez enerji kaynakları denir. Bunlara doğal gaz, kömür, petrol, nükleer vb. örnek olarak verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise dönüşebilir ve tekrar kullanılabilir hale gelen kaynaklardır. Güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, vb. yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, dönüştürülebilir, uygun fiyatlı, doğayla dost ve sürdürülebilir olması ile geleceğin enerji kaynaklarından (Yarımkaya, 2021; Öztürk, 2013).

Çok uzun yıllardır ev ve iş yerleri dahil enerji sistemlerinin neredeyse tamamında kullanılagelen fosil yakıtların bir anda yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşmesi imkansızdır. Bu değişimin uzun bir zaman ve maliyet gerektireceği açıktır. Ancak iklim değişimi ile mücadele eden dünyanın bolca zamanı yoktur. Hızlıca gerçekleşmesi arzulanan bu dönüşüm ve değişim için en önemli kriterlerin başında finansal kaynak elde etme ve ilgili yatırımları gerçekleştirme becerisi gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının her tür finansı olarak tanımlanabilecek olan yeşil finans bu noktada hayati bir önem taşımaktadır. Yeşil finansın hedefi,

ekonomik büyüme, çevrenin korunması ve sürdürülebilir kalkınma arasında dengeli bir duruş sağlamaktır. Yeşil finans, yeşil tahviller, yeşil krediler, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu yatırım fonları gibi finansal araçlar kullanarak, yatırımcılara çevresel ve sosyal etkileri olan projelere yatırım yapma imkânı sunan bir finans modelidir (Saraçoğlu, 2018; Ergün, ve Şahin, 2023). Yeşil finans uygulamalarıyla, yeşil finansal araçlar olarak adlandırılan yeni finansal araçlar kullanılarak bireysel ve kurumsal müşterilere uzun vadeli finansman imkânı sağlanabilmektedir (Şahin, 2024).

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans ile ilgili gerçekleştirilmiş çalışmalar incelenmiştir. Araştırmada 2022-2024 yılları aralığında, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilmiş makalelerin yazın taraması yer almaktadır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans çalışmalarının önemi vurgulanarak, araştırmacılara bu konuda tavsiye ve yönlendirmelerde bulunulmuştur.

2. Yazın taraması

Yenilenebilir enerjinin gelişimi, enerji yapısının dönüşümü ve çevresel emisyonların azaltılması için gereklidir. Karbon nötrlüğü hedefine ulaşmak için yenilenebilir enerji gelişimini yeşil finansal araçlar yoluyla teşvik etmek atılacak en önemli adımlardan biridir.

İklim zirvesi ve çeşitli protokoller ile dünya iklim değişiminin önüne geçmeye çalışmaktadır. Bu sorunun çözümünün tartışmalı iki konu olan "yeşil" ve "finans"ı vurgulayarak, çevre korumayı ekonomik kârla bütünleştiren, yeni bir finansal model olan yeşil finans ile gerçekleştirebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, politika yapıcılarının yeşil finans gelişimini hızlandırmak ve yenilenebilir enerji teknolojisi yeniliklerine yeşil finans desteğini güçlendirmek için çeşitli önlemler almaları gerekmektedir. Bunun yanında küresel bağlamdaki çevresel belirsizlikler nedeniyle sürdürülebilir kalkınma,

küreselleşme sürecinde odak konusu haline gelmiş ve bilim insanlarının yoğun ilgisini çekmiştir. Araştırmacılar, bu konu başlıklarıyla pek çok araştırma da bulunarak politika yapıcılara yeşil finansın büyümesinin yenilenebilir enerji kullanımı ile pozitif yönlü ilerlediğini görmüşlerdir. Böylece politika yapıcılara yeni yapılanmalar için önerilerde bulunmuşlardır. Ayrıca Çin'in yeşil finans ve yenilenebilir enerji ilişkisini dikkate değer bulduğu, gerçekleştirilen çalışmaların dikkate değer çoğunluğunun Çin de yapıldığı görülmüştür. Bu sebeple öncelikle Çin de yapılan çalışmalara yer verilmiş akabinde diğer çalışmalar incelenerek çalışma tamamlanmıştır.

Lee ve ark. (2023), Çin de sürdürülebilir bir kalkınma için yeşil finansın, yenilenebilir enerji teşviği üzerindeki etkisini belirlemek için ampirik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarını 2001-2019 yılları arasında Çin de ki illerden aldıkları veriler ile yapmışlardır. Araştırmalarının neticesinde yeşil finansın yenilenebilir enerji kaynaklarını doğrudan finanse ettiğini ve yenilenebilir enerjinin gelişmesiyle yeşil finansın marjinal etkisinin arttığını görmüşlerdir.

Cheng ve ark. (2023), Çin'deki yeşil finans reformu ve inovasyon pilot bölge politikasından yararlanarak çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Yenilenebilir enerji kullanımının bir ölçüsü olarak enerji tüketim verimliliğini seçtikleri çalışmalarında Çin de ki politik düzenlemelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırdığını belirtmişlerdir.

Yenilenebilir enerji gelişimi, enerji yapısının dönüşümü ve çevresel emisyonların azaltılması için gereklidir ve yeşil finansal araçlar yoluyla yenilenebilir enerji gelişimini teşvik etmek, Çin'de karbon nötrlüğü hedefine ulaşmak için etkili bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bu fikirden yola çıkarak; Zheng ve ark. (2023), Çin de yeşil finans ve yenilenebilir enerji gelişimi arasındaki bağlantıyı

incelemişlerdir. 2005-2018 yılları arasında Çin'in il verilerini kullanarak yeşil finans ve yenilenebilir enerji gelişimi arasındaki çift yönlü eşbütünleşme ilişkisini araştırmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde, yeşil finans ve yenilenebilir enerji gelişimi arasında uzun vadeli çift yönlü bir eşbütünleşme olduğunu görmüşlerdir.

Sürdürülebilir kalkınma bağlamında, yenilenebilir enerji teknolojisi inovasyonunun (RETI) endüstriyel yapının iyileştirilmesi üzerinde potansiyel bir, yeşil finansın ılımlı bir rol oynayacağını öne süren Ge ve ark. (2022), yeşil finansın ve yenilenebilir enerji teknolojik inovasyonunun Çin'deki endüstriyel yapı üzerindeki rolünü incelemişlerdir. Çalışmalarında PVAR modelini kullanmışlardır. Eşik regresyon sonuçlarını incelediklerinde yeşil finansın gelişmesiyle birlikte RETI ve endüstriyel yapı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu görmüşlerdir. Yeşil finansın nispeten düşük olduğu bölgelerde, RETI'nın endüstriyel yapının iyileştirilmesini engelleyebileceğini, yeşil finansın gelişme derecesi nispeten yüksek olduğunda ise RETI'nın endüstriyel yapı üzerindeki etkisinin olumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Zhong ve ark. (2024), Çin ekonomisi üzerinde yeşil finans ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yenilenebilir enerji yatırımı ve karbon emisyonu üzerindeki etkilerini COVID-19 Pandemisi sürecinde incelemişlerdir. Vektör hata düzeltme modeli ile (VECM) Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ise, yenilenebilir enerji yatırımı, yeşil finans, yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYH) uzun vadeli nedenselliğe sahip olduğunu dile getirmişlerdir. Politikaların, sürdürülebilir büyüme ve çevre için oynaklığı kontrol etmeyi ve yenilenebilir enerji yatırımı, yeşil finansmanı ve yenilenebilir elektrik üretimini teşvik etmesini amaçlaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Fu ve Ullah (2023), yeşil büyümenin üç belirleyicisi olan yeşil finans yatırımı, teknolojik sermaye ve yenilenebilir enerji

üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında, 1996'dan 2020'ye kadar olan dönemde Çin'de yeşil finans yatırımı, teknolojik ilerleme ve yenilenebilir enerjinin yeşil büyüme üzerindeki asimetrik etkisine odaklanmışlardır. Çeşitli kantiller arasında asimetrik kısa ve uzun dönem tahminlerini elde etmek için doğrusal olmayan QARDL modelini kullanmışlardır. Çalışmalarının neticesinde yeşil finansal yatırımın teknolojik sermaye ve yenilenebilir enerji talebindeki artışın uzun vadede yeşil büyümeyi olumlu yönde etkilediğini görmüşlerdir.

Son zamanlarda sürdürülebilir kalkınma, dünya çapındaki çevresel istikrarsızlık nedeniyle bilim adamlarının ve politika yapıcıların büyük ilgisini çeken küresel bir gereklilik haline gelmiştir. Bu nedenle, Zhou ve Li (2022), yeşil finansın ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş enerjisi, biyoenerji, hidroelektrik ve rüzgar enerjisi) Çin'deki sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İkincil verileri, 1986'dan 2019'a kadar Küresel Yeşil Finans Endeksi (GGFI), Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) ve Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI) veri tabanlarından elde etmişlerdir. ADF testi ve ARDL modeli ile yapılar arasındaki ilişkileri doğrulamışlardır. Çalışmalarının neticesinde yeşil finans ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma ile pozitif, Çin'deki karbon emisyonları ile negatif bir ilişkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Xia ve ark. (2023), yeşil finansmanın, çevre düzenlemelerinin, gelirin, kentleşmenin ve atık yönetiminin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini belirlemek için 2000 ile 2020 yılları arasında Çin'deki 29 eyaleti incelemişlerdir. Çalışmanın ampirik tahmini için ise CUP-FM ve CUP-BC' yi kullanmışlardır. Çalışmalarının neticesinde yeşil finansmanın finansal derinlik, finansal istikrar ve finansal verimlilik gibi farklı ölçümlerinin de yenilenebilir enerji yatırımlarına olumlu katkı sağladığını görmüşlerdir.

Hailiang ve ark. (2023), 2005'ten 2020'ye kadar ülkenin 24 eyaletinden alınan panel verilerini kullanarak yeşil finansmanın ve yenilenebilir enerjinin Çin'in turizm sektörü üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Verilerin analizi için AMG ve GMM tekniğini kullanmışlardır. Yenilenebilir enerjinin, yeşil finansın ve teknik inovasyonun turizm endüstrisi ile pozitif yönde ilişkili olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca sağlık maliyetlerinin ve karbon emisyonlarının turizm faaliyetlerini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Chen ve ark. (2023), Çin'de ocak ayına ait zaman serisi verilerini kullanan TVP-VAR-SV modeli temelinde yeşil finans, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki dinamik aktarım mekanizmasını ve zamanla değişen etkilerini araştırmışlardır. Yeşil finans, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma arasında bir etkileşim olduğunu ve zamanın farklı noktalarındaki etki derecesi ve eylem yönünün zamanla değişen ve heterojen bir yapıda olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhu ve ark. (2024), 2010-2021 yılları arasında Çin'in çeşitli eyaletlerinden toplanan panel verilere dayanarak ampirik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Yeşil finansın, yeşil teknolojik yenilikleri ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik ettiğini tespit etmişlerdir.

Xiong ve Dai (2023), 1990-2020 yılları arasında Çin'de yeşil finansmanın sürdürülebilir kalkınmayı nasıl etkilediğini panel veri modelini kullanarak incelemişlerdir. Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınma düzeyini artırdığını görmüşlerdir. Yenilenebilir enerji yatırımlarındaki her % 1'lik büyümenin, özel sektör yatırımlarında da % 1.243'lük artışa yol açtığını tespit etmişlerdir.

Abbas ve ark. (2023), Çin'deki elli enerji firmasının 2012'den 2021'e kadar olan verilerini kullanarak yenilenebilir enerji (IRE) kaynaklarına yapılan yatırımlarda jeopolitik riskin, yeşil finansmanın ve çevre vergisinin önemini vurgulayan bir çalışma

gerçekleştirmişlerdir. Verileri kantil regresyon ve dinamik analiz teknikleriyle analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre, yeşil finansman ve çevre vergisinin IRE kaynakları sırasıyla 0,137*** ve 0,428*** beta değerleriyle önemli ölçüde etkilediğini görmüşlerdir. Benzer şekilde IRE'nin, Çinli enerji firmalarının elektrik üretimini önemli ölçüde artırdığını dile getirmişlerdir.

Feng ve ark. (2023), NARDL modelini takip ederek 1970–2020 dönemi boyunca Çin'de yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkisini asimetrik olarak araştırmışlardır. Çalışmalarının neticesinde, yeşil tahvillerin (GB+) genişlemesinin yenilenebilir enerji yatırımlarını önemli ölçüde teşvik ettiğini ve çevre kirliliğini azalttığını, yeşil tahvillerin (GB-) daralmasının ise yenilenebilir enerji yatırımlarını önemli ölçüde azalttığını ve çevresel zararı teşvik ettiğini görmüşlerdir.

Tang ve Zhou (2023), Çin'de yeşil finansın yenilenebilir enerji gelişimi üzerindeki mekânsal-zamansal tutarlılık etkilerini ve bunların coğrafi zayıflama süreci üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarını, SPDM modeli ile gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda, yeşil finansın hem yerel hem de komşu bölgeler açısından yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde pozitif bir etki yarattığını görmüşlerdir. Çin'de yeşil finans büyüdükçe, etki derecesinin yerel bölgelerde zayıflarken komşu bölgelerde daha güçlü hale geldiğini tespit etmişlerdir.

Wang ve Fan (2023), yeşil finansın yenilenebilir enerji işletmelerindeki yatırım davranışlarını incelemişlerdir. Çin'de gerçekleştirdikleri araştırmada dinamik panel eşik modelini uygulamışlardır. Yüksek kaliteli ekonomik kalkınmanın, yenilenebilir enerji işletmelerine yatırımı teşvik etmede yeşil finans ile benzer bir rol oynadığını belirtmişlerdir.

Yeşil finansman gelişimi, 2000'den 2021'e kadar Çin'de endüstriyel yapı değişiklikleri ile yenilenebilir enerji büyümesi arasındaki etkileşime aracılık etmiştir.

Zhao ve ark. (2024), yeşil finansmanın endüstriyel yapısal değişiklikler yoluyla yenilenebilir enerji gelişimini artırıp artıramayacağını incelemişlerdir. Çalışmada bu etkiyi görebilmek için ekonometrik bir model kullanmışlardır. Araştırmalarının sonucunda endüstriyel yapısal değişikliklerin Çin'de yenilenebilir enerji büyümesini artırdığını görmüşlerdir. Endüstriyel yapısal değişikliklerin, ekonomik olarak gelişmiş bölgelerde yenilenebilir enerji gelişimi üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir.

He ve ark. (2023), Iqbal ve Su, çalışmalarlarıyla sürdürülebilirlik hedefine ulaşmada yenilenebilir enerji yatırımlarının önemini vurgulamışlardır. Çalışmalarında, 2005'ten 2020'ye kadar Çin'in 24 eyaletinde yenilenebilir enerji yatırımlarının karbon emisyonları üzerindeki etkisini yeşil finans, kişi başına gelir, teknik yenilikler ve endüstriyel yapıyla birlikte incelemişlerdir. Eş-entegrasyon testi sonuçlarına göre yenilenebilir enerji yatırımı ve sürdürülebilir kalkınma ile diğer faktörler arasında uzun vadeli istikrarlı bir ilişki olduğunu görmüşlerdir. AMG ve CCE-MG tahmincilerinin sonuçlarına göre yenilenebilir enerji yatırımlarının, teknik yeniliklerin ve yeşil finansmanın çevresel sürdürülebilirliğe dikkate değer bir katkısı olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarının neticesinde sürdürülebilir bir çevrenin arzu edilen düzeyine ulaşmak için bazı zorunlu politika önerileri getirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Hou ve ark. (2023), yeşil finansın yenilenebilir enerji gelişimini teşvik etmesi için ampirik ve teorik bir temel oluşturmasını hedefledikleri çalışmalarında yeşil finans işletmelerine öncülük eden 53 ülke ve bölgeyi araştırmışlardır. Yenilenebilir enerji üzerinde yeşil finansın etkisini, 2000-2021 yılları arasındaki gelişimini panel verilerine dayanarak ampirik olarak incelemişlerdir. Araştırma neticesinde yenilenebilir enerjinin yeşil finans üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu görmüşlerdir. Bunun yanında yeşil finansın

yenilenebilir enerjiye katkısının gelişmiş ülkelerde daha etkin iken gelişmemiş ülkelerde daha düşük olduğunu görmüşlerdir.

Subramaniam ve Loganathan (2024), yeşil finansın Singapur'daki yenilenebilir enerji gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarını 2000-2020 yılları ile sınırlandırarak DOLS yöntemini kullanmışlardır. Araştırma neticesinde yeşil finansın yenilenebilir enerjiyi teşvik ettiğini görmüşlerdir. Bunun yanında ekonomik büyüme, petrol fiyatları, enerji tüketimi, karbondioksit emisyonları ve kurumsal faktörlerin yenilenebilir enerji ile pozitif bir ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Peng ve ark. (2023), yeşil finansın gelişiminde ve yenilenebilir enerji tüketiminde sinerji ve mekânsal yayılmaların etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarını en küçük kareler yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarının neticesinde yeşil finansın gelişimi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif bir sinerji olduğunu tespit etmişlerdir.

Zheng ve ark. (2023), yeşil finansın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Panel sabit etkiler modeli ile 2014-2019 yılları arasında dünya çapında 64 ekonomiden büyük ölçekli verileri kullanarak, yeşil finansın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmaları neticesinde yeşil finansın yenilenebilir enerji inovasyonu üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu etkinin OECD üyesi olmayan ekonomilerin yanı sıra orta gelirli ve düşük gelirli ekonomilerde de öne çıktığını belirtmişlerdir.

Mngumi ve ark. (2022), 2005-2019 yıllarını kapsayan verileri kullanarak, yeşil finansın, yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonları arasındaki bağlantıları araştırmak için bir panel kantil regresyonu uygulamışlardır. Yenilenebilir enerji kullanımındaki artışlar ve yeşil finans gelişim endeksindeki ilerlemelerin BRICS ülkelerinde CO₂ emisyonlarının azalmasına

katkıda bulunduğunu öte yandan CO₂ emisyonlarının yenilenebilir enerji kullanımının büyümesini yavaşlattığını, yeşil projelere yatırım akışını yavaşlattığını ve nihayetinde yeşil finansın gelişimini engellediğini tespit etmişlerdir.

Nu (2023), yeşil finans ve yenilenebilir enerjinin karbon yoğunluğu üzerindeki etkisini 10 Asya ekonomisinde incelemiştir. Çalışmasında çeşitli kantiller arasında kısa ve uzun dönem tahminlerini elde etmek için QARDL modelini kullanmıştır. Çalışması ile yeşil finans ve yenilenebilir enerji tüketiminin Asya ekonomilerinde karbon yoğunluğunu azaltmaya yardımcı olduğunu doğrulamıştır.

Wu ve Song (2023), Ar-Ge ve sağlık bütçeleri, GSYH büyümesi, doğrudan yabancı yatırımlar, karbon emisyonları, yeşil finansman ve yenilenebilir enerji kullanımı arasındaki etkileşimi incelemek için Kuşak ve Yol Girişimi ülkelerinin (Kuşak ve Yol Girişimi'nin (KYG) bir parçası olan 65 ülke) 2005-2018 yılları arasındaki panel verilerine Augmented Mean Group (AMG) analizi uygulamışlardır. Yeşil finans değişkeninde, ekonomik büyüme, sağlık ve Ar-Ge'ye yönelik kamu harcamaları ve doğrudan yabancı yatırımlar KYG ekonomilerinde yeşil finansman düzeyini artırırken, emisyonların yeşil finans düzeyini azalttığını tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerji gelişimi değişken alındığında ise büyüme, kamu harcamaları ve doğrudan yabancı yatırım girişlerinin yenilenebilir enerji gelişimine pozitif katkısı olduğunu bulmuşlardır. Buna karşılık, çevre kirliliğinin ise yenilenebilir enerji gelişim düzeyini azalttığını tespit etmişlerdir.

Bakry ve ark. (2023), gelişmekte olan ülkelerde yeşil finansın çevresel performans üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Panel eşbütünleşme analizi ve panel vektör hata düzeltme modelini (VECM) 2010-2019 yılları arasında 76 gelişmekte olan ekonomiden oluşan bir örneklemde kullanmışlardır. Çalışmalarında, karbon emisyonlarının (CO₂) yeşil finans, reel gayrisafi yurtiçi hasıla, kentleşme ve

yenilenebilir enerji ile farklı spesifikasyonlar altında eşbütünleşik olduğunu doğrulamışlardır. Spesifik olarak, hem yeşil finans hem de yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonları üzerinde önemli ve engelleyici etkileri olduğunu tespit etmişlerdir.

Ekonomik büyümenin çevresel işlevde oynadığı rol oldukça büyüktür. Bu fikirle; Xu ve ark. (2023), 1990-2019 yılları arasında Güney Asya ülkelerinde yeşil finansın gelişiminde yenilenebilir enerji gelişimi, ticari açıklık ve kurumsal kalite arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Değişkenler arasındaki eşbütünleşmeyi tespit etmek için bir panel veri modelini kullanmışlardır. Çalışmada, modeli değerlendirmek için OLS sabit havuz yöntemi ile birlikte bir kantil regresyonu kullanmış ve yenilenebilir enerji gelişimindeki büyüme ve ticari açıklığın ekolojik çevreyi kötüleştirmesine rağmen, kurumsal kalite ve yenilenebilir enerji kullanımının yeşil finans gelişimini desteklediğini ortaya koymuşlardır. Çalışmalarının sonucunda, ticari açıklığın ve kurumsal kalitenin yeşil finansman ile pozitif bir bağlantısı olduğunu görmüşlerdir.

Paris İklim Konferansı'ndan (COP21) sonra karbon nötrlüğü ve çevresel sürdürülebilirlik birçok ülkenin ortak görüşü haline gelmiştir. Teknolojik inovasyon ve yeşil finans, temiz enerji dönüşümünü, karbon emisyonu azaltımını ve iklim değişikliğinin hafifletilmesini gerçekleştirmeye yardımcı olabilecek temel faktörlerdir.

Zhang ve ark. (2022), sürdürülebilir kalkınmanın yollarını araştırmışlardır. Enerji-çevre-iklim bağlantısı kapsamında inovasyon ve yeşil finansmanı eşzamanlı denklem modellerine dahil etmişlerdir. 2007-2019 dönemi için yeşil tahvil ihraç eden 49 ülkeden oluşan bir örneklem için dinamik ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmalarıyla yenilenebilir enerji tüketimi, çevre kirliliği ve iklim değişikliği arasında çift yönlü ilişkiler olduğunu teyit etmişlerdir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin sorunu sürdürülebilir kalkınma ve temiz üretimin sağlanmasıdır. Gelir, kurumsal düzenlemeler, kurumsal kalite ve uluslararası ticaret, çevresel dışsallıkların temel faktörleridir.

Doğan ve ark.(2022), yeni TVP-VAR yöntemini uygulayarak yeşil finans ile beş tür yenilenebilir enerji (biyoyakıt, yakıt hücresi, jeotermal, güneş ve rüzgar) arasındaki bağlantı ve yayılma ilişkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre hem toplam hem de ikili dinamik bağlantının zaman içinde heterojen olduğunu ve ekonomik olaylardan etkilendiğini görmüşlerdir.

Günümüzde Avrupa ülkeleri sürdürülebilir kalkınma hedeflerini uygularken, enerji tüketimini azaltarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçerek enerji güvenliğini sağlamaya çalışmaktadır. Bu projelerin finansmanında yeşil tahvil ihracının önemi büyüktür.

Mavlutova ve ark. (2023), yeşil finanstaki mevcut durumu ve eğilimleri araştırmayı, sorunlarını ve zorluklarını belirlemeyi, ayrıca yeşil tahvillerin genel olarak sürdürülebilirlik ve özel olarak yenilenebilir enerji arzı açısından önemini belirlemeyi amaçlamışlardır. Yazarlar, yeşil finans ve yenilenebilir enerjiye ilişkin bibliyometrik bir analiz gerçekleştirmiş, ardından yeşil tahvil yatırımlarının faydalarını ve zorluklarını tanımlayan kapsamlı bir literatür taraması yapmışlardır. Yeşil tahvil yatırımlarının AB OECD ülkelerinde karbon azaltımı ve yenilenebilir enerji arzı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir.

Alharbi ve ark. (2023) 2007–2020 yılları arasında 44 ülkeden oluşan geniş bir örneklemi kullanarak, yeşil finansmanın (yeşil tahvillerin) yenilenebilir enerji üretimini ne ölçüde desteklediğine dair kanıtlar aramışlardır. Çalışmalarını, çeşitli alternatif spesifikasyonlar ve tahmin yöntemleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Araştırmaları neticesinde, alternatif enerjiyi finanse etmek amacıyla ihraç edilen yeşil

tahvillerin etkisinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca mevcut teknolojik kapasite stoğunun, özellikle uzun vadede yeşil finansmanın yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini önemli ölçüde desteklediğini bildirmişlerdir.

Son zamanlarda literatürün, hükümetlerin veya politika yapıcılarının dikkatini çeken çevresel belirsizlik ve enerji kaynakları konuları nedeniyle ekonomik performans küresel bir gereklilik olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle; Wu (2023), yenilenebilir enerji yatırımlarının yanı sıra jeotermal, güneş, biyoenerji, hidroelektrik ve rüzgar enerjisi projeleri ve yeşil finans gibi farklı yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların ekonomik performans üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmasını uluslararası yenilenebilir enerji ajansı (IRENA), küresel yeşil finans endeksi (GGFI) ve dünya kalkınma göstergelerinden (WDI) elde edilen 2001'den 2019'a kadar ikincil veriler ile gerçekleştirmiştir. Çalışmasının sonucunda, yenilenebilir enerji yatırım kaynaklarının ve yeşil finansmanın seçilen ekonominin ekonomik performansı üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu görmüştür.

Yeşil finans, çevreyi iyileştirmeyi amaçlayan organize bir finansal faaliyettir. İklim değişikliğini hafifletmede kritik rol üstlenmektedir. Yeşil enerji projelerine yatırım, fosil yakıtların olumsuz sonuçlarını ortadan kaldırırken aynı zamanda çevreyi de koruduğu için dikkat çekmektedir.

Ali ve arkadaşları (2023), OECD-15 Avrupa ülkeleri için yeşil finans, yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit, doğrudan yabancı yatırım, işçi dövizleri, enflasyon, brüt sabit sermaye oluşumu, ticari açıklık ve beşeri sermaye yatırımları arasındaki bağlantıyı incelemiştir. 1990'dan 2020'ye kadar olan dönemi kapsayan yeni geliştirilen RALS eşbütünleşme tekniği ve QARDL modeli kullanılmışlardır. "Quantile Autoregressive Distributed Lag Model" (QARDL) ampirik tahminlerinin, yenilenebilir enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımı, brüt sermaye yaratımı, ticari açıklık ve insan

sermayesinin gecikmesinin yeşil finans yatırımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir. Öte yandan karbondioksit emisyonları ve enflasyonun ters yönde ilişkili olduğunu teyit etmişlerdir.

Son zamanlarda ekonomik ve çevresel performans küresel bir gereklilik haline gelmiştir. Yeşil finans ve yenilenebilir enerji, araştırmacıların dikkatini çeken en önemli çözümler olarak görülmektedir. Bu motivasyonla; Zhang (2022), OECD ülkelerinin yeşil finans, yenilenebilir enerji projelerine yatırım, ekonomik performans ve çevresel performans değişkenleri arasındaki potansiyel ilişkiyi incelemiştir. Çalışmasında Dünya Bankası web sitelerinden, ülkelerin resmi web sitelerinden OECD veri setlerinden ve IRENA gibi dünyaca ünlü güvenilir kaynaklardan indirilen ikincil verileri kullanmıştır. Ampirik gerçekleştirdiği araştırmasında yapısal eşitlik modelini kullanmıştır. Analiz sonucuna göre, yeşil finans ve yenilenebilir enerji sektörlerine yapılan yatırımlar ekonomik büyümeyi etkilemektedir. Ayrıca OECD bölgesinde yeşil finans ve yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımların, ticari açıklığın artması, doğrudan yabancı yatırımların çekilmesi ve GSYİH açısından pozitif ekonomik çıktılarının üretilmesinden sorumlu olduğunu görmüştür.

Vardar ve arkadaşları (2023), geliştirmekte olan ülkelere ekolojik ayak izi ve yeşil finans üzerine bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarını kırk yedi geliştirmekte olan ülkede 2000-2018 yılları arasında enerji, sera gazı emisyonları, ticari açıklık ve kentleşme değişkenleri üzerine gerçekleştirmişlerdir. Değişkenler arasındaki entegrasyon sırasını tespit etmek için ikinci nesil panel birim kök testini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, örneklemde seçilen geliştirmekte olan ülkeler için ekolojik ayak izi, yeşil finans, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, ticarete açıklık ve kentleşme gibi tüm

değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişkinin var olduğunu görmüşlerdir.

Sürdürülebilir kalkınma, çevresel hassasiyet ve doğal kaynakların tükenmesi nedeniyle son yıllarda dünya çapında ilgi görmeye başlamıştır. Birleşmiş Milletler'in (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler), yeşil finans ve yenilenebilir enerjinin öne çıktığı sürdürülebilirliğe ulaşmaya yönelik yeşil yanlısı çabaların başında gelmektedir. Bu çalışma, Baloch, Danish ve Ulucak (2023), yeşil finans ve yenilenebilir enerjinin ACI (ASEAN, Çin ve Hindistan) ekonomilerinde 2000'den 2019'a kadar sürdürülebilir kalkınma üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmalarını kapsamlı sürdürülebilir kalkınma endeksi kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda ACI ekonomilerinde yeşil finansman, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğunu görmüşlerdir.

İklim değişikliği riskinin azaltılmasına yönelik politikayı ele alan 'Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH)', özellikle de 'SKH-13'e ulaşma arayışı, küresel ölçekte iklim değişikliğine büyük katkı sağlayan CO₂ emisyonlarını azaltmadan mümkün değildir. Dolayısıyla bu çalışma, Behera, Behera ve Sethi (2024), 1990'dan 2021'e kadar 14 gelişmekte olan ekonomi için CO₂ emisyonlarını azaltarak Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri-13'e ulaşmada yenilenebilir enerji kullanımı, yeşil finans ve siyasi istikrarın oynadığı belirleyici rol üzerine bir inceleme gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında Kesitsel otoregresif dağıtılmış gecikme yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucuna göre, yenilenebilir enerji tüketimi ve yeşil finansmanın CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını, siyasi istikrarın ise CO₂ emisyonlarını olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Birleşmiş Milletler tarafından 2030 yılına kadar önerilen sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG) gündemine ulaşmak, tüm dünyayı etkileyen bir problemdir. Devam eden ekolojik krizler ve

enerjinin sürdürülebilirliği sorunları ancak yeşil finans gibi sürdürülebilir çözümlerle çözülebilirler. Yeşil finans, hem ekonominin hem de çevrenin kolektif kalkınmasına yol açan ekonomik yeşil dönüşümün öncüsü haline gelmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada,

Chaudhry ve Hussain (2023), Pakistan ekonomisi bağlamında yeşil finansın beş temel sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşma üzerindeki etkisini incelemiştir. Pakistan Devlet Bankası tarafından 2016 yılında önerilen yenilenebilir enerji planı, çalışmalarının temelini oluşturmuştur. Yeşil finansmanın beş Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi üzerindeki etkisini aynı anda inceleyerek araştırmalarına yenilik getirmişlerdir.

Ekonimler, iklim politikası hedeflerine ulaşmak için enerji sektörlerini karbondan arındırmalıdır. Bu, düşük karbonlu enerji altyapısına yüksek yatırım yapılmasını gerektirir; ancak her daim mali kaynak sıkıntısı var. Bu nedenle bu çalışmada, Zhang, Mohsin ve Hesary (2022), 2008'den 2018'e kadar G-20 ekonomilerinin verilerine dayanarak, yeşil finans ve dijital finansın çevre koruma üzerindeki etkisini niceliksel bir regresyon modeli kullanarak incelemiştir. Sonuçlarda, panel kantil regresyon bulgularında da gösterildiği gibi çevredeki CO₂ emisyonlarının yeşil finansman, yenilenebilir enerji yatırımları ve teknolojik yeniliklerle azaldığını, buna karşılık ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticaret gibi faktörler tarafından CO₂ emisyonlarının arttığını görmüşlerdir.

Yeşil finansın ve çevresel inovasyonun rolü, özellikle COP27 sonrası hedeflerde hayati hale gelmiştir. Gong, Ying ve Dai (2023), 1994'ten 2021'e kadar olan verilerle ADF testi ve Bayer-Hanck testini kullanarak çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, yeşil inovasyonun - yeşil finans ve yenilenebilir enerji kaynakları ile çevresel inovasyonun ekonomik büyümeyi teşvik ettiğini görmüşlerdir.

Tarriq ve Hassan (2023), sürdürülebilir bir çevreye geçişte yeşil finansın, çevresel

düzenlemelerin ve ekonomik kalkınmanın rolü üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, yeşil finansın (GF), yenilenebilir enerjinin, çevre düzenlemelerinin ve karbon finansının etkisini kapsamlı bir şekilde analiz etmişlerdir. 2012'den 2020'ye kadar 70 ülkenin panel veri setini kullanarak çevresel sürdürülebilirliğe yönelik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmaları sonucunda, yeşil finansmanın yanı sıra yenilenebilir enerjinin çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkisi olduğunu, karbon finansmanının etkisinin ise önemsiz olduğunu görmüşlerdir.

3. Sonuçlar

Karbon nötrlüğü hedefine ulaşmak için yenilenebilir enerji gelişimini yeşil finansal araçlar yoluyla teşvik etmek atılacak en önemli adımlardan biridir. 21. yüzyılın başlarından itibaren, iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik, küresel gündemin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans, çevresel hedeflere ulaşmada kritik öneme sahip iki temel unsurdur. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak sera gazı emisyonlarını düşürmeyi hedeflerken, yeşil finans ise bu tür projelerin finansmanını sağlamayı amaçlayan bir finansman modelini oluşturmaktadır.

Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları, doğal süreçler aracılığıyla sürekli olarak yenilenen enerji kaynakları olup çevreye minimum zarar verirken enerji ihtiyacını karşılayabilirler. Bu kaynaklar, fosil yakıtların neden olduğu karbon salınımlarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynarlar. Yenilenebilir enerji projeleri, genellikle yüksek başlangıç maliyetlerine sahip olsa da, uzun vadede düşük işletme maliyetleri ve çevresel faydaları ile önem taşımaktadırlar. Çevresel sürdürülebilirliği destekleyen finansal ürünler ve hizmetler bütünü ifade eden yeşil finans yenilenebilir enerji projelerinin hayata

geçirilmesi için gerekli finansmanı sağlayarak, bu projelerin ekonomik olarak uygulanabilirliğini artırabilmekte, aynı zamanda, yatırımcıların çevresel sorumluluklarını yerine getirmelerini teşvik ederek sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasına fayda sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans arasındaki ilişki, karşılıklı ve güçlendirici bir nitelik taşımakta, yeşil finansman araçları yenilenebilir enerji projelerinin başlangıç maliyetlerini karşılamada kritik bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil finans, sürdürülebilir bir gelecek için birbirini tamamlayan iki kritik unsur olup yenilenebilir enerji projelerinin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi, büyük ölçüde yeşil finansman mekanizmalarının etkin kullanımına bağlıdır. Bu bağlamda, politikaların ve finansal araçların çevresel hedeflere ulaşmada uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir. İklim değişikliğiyle mücadelede ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada, yenilenebilir enerji ve yeşil finansın önemi giderek artacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Açıklama

Bu çalışma New York, USA'da düzenlenen Uluslararası İleri Çevre Çalışmaları Kongresi'nde sunulan özet bildirinin genişletilmiş halidir.

Kaynaklar

- Abbas, J., Wang, L., Belgacem, S. B., Pawar, P. S., Najam, H., Abbas, J., 2023. Investment in renewable energy and electricity output: Role of green finance, environmental tax, and geopolitical risk: Empirical evidence from China. *Energy*, 269: 126683.
- Alharbi, S.S., Al Mamun, M., Boubaker, S., Rizvi, S.K.A., 2023. Green finance and renewable energy: A worldwide evidence. *Energy Economics*, 118: 106499.
- Ali, M., Seraj, M., Turuc, F., Tursoy, T., Uktamov, K.F., 2023. Green finance investment and climate change mitigation in OECD-15 European countries: RALS and QARDL evidence. *Environment, Development and Sustainability*, 1-21.
- Bakry, W., Mallik, G., Nghiem, X. H., Sinha, A., Vo, X. V., 2023. Is green finance really “green”? Examining the long-run relationship between green finance, renewable energy and environmental performance in developing countries. *Renewable Energy*, 208: 341-355.
- Baloch, M.A., Danish, Ulucak, Z.S., 2023. Understanding the role of green finance and renewable energy consumption for sustainable development in ACI economies. *Climatic Change*, 176(11): 151.
- Behera, B., Behera, P., Sethi, N., 2024. Decoupling the role of renewable energy, green finance and political stability in achieving the sustainable development goal 13: Empirical insight from emerging economies. *Sustainable Development*, 32(1): 119-137.
- Chaudhry, N. I., Hussain, M., 2023. Nexus of renewable energy, green financing, and sustainable development goals: an empirical investigation. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20): 58480-58492.
- Chen, J., Li, L., Yang, D., Wang, Z., 2023. The dynamic impact of green finance and renewable energy on sustainable development in China. *Frontiers in Environmental Science*, 10: 1097181.
- Cheng, Z., Kai, Z., Zhu, S., 2023. Does green finance regulation improve renewable energy utilization? Evidence from energy consumption efficiency. *Renewable Energy*, 208: 63-75.
- Dogan, E., Madaleno, M., Taskin, D., Tzeremes, P., 2022. Investigating the spillovers and connectedness between green finance and renewable energy sources. *Renewable Energy*, 197: 709-722.
- Ergün H.O., Şahin B., 2023. Yeşil Finansmanın Yenilenebilir Enerjinin Gelişimi Üzerindeki Etkisi: Yüksek Gelirli Ülkeler Örneği. (Ed: Ş. Batbaylı, C. Yardımcı, E. Bağcı). *Enerji Ekonomisi ve Uygulamaları*. Ekin Basın Yayın Dağıtım, Bursa, s.110-127.
- Feng, Y., Xiao, Z., Zhou, J., Ni, G., 2023. Asymmetrically examining the impact of green finance and renewable energy consumption on environmental degradation and renewable energy investment: The impact of the COVID-19 outbreak on the Chinese economy. *Energy Reports*, 9: 5458-5472.
- Fu, F., Ullah, S., 2023. Toward green growth in China: the role of green finance investment, technological capital, and renewable energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(28): 72664-72674.
- Ge, T., Cai, X., Song, X., 2022. How does renewable energy technology innovation affect the upgrading of industrial structure? The moderating effect of green finance. *Renewable Energy*, 197: 1106-1114.
- Gong, Q., Ying, L., Dai, J., 2023. Green finance and energy natural resources nexus with economic performance: A novel evidence from China. *Resources Policy*, 84: 103765.

- Hailiang, Z., Chau, K. Y., Waqas, M., 2023. Does green finance and renewable energy promote tourism for sustainable development: empirical evidence from China. *Renewable Energy*, 207: 660-671.
- He, J., Iqbal, W., Su, F., 2023. Nexus between renewable energy investment, green finance, and sustainable development: Role of industrial structure and technical innovations. *Renewable Energy*, 210: 715-724.
- Hou, H., Wang, Y., Zhang, M., 2023. Green finance drives renewable energy development: empirical evidence from 53 countries worldwide. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(33): 80573-80590.
- Lee, C. C., Wang, F., Chang, Y. F., 2023. Does green finance promote renewable energy? Evidence from China. *Resources Policy*, 82: 103439.
- Mavlutova, I., Spilbergs, A., Verdenhofs, A., Kuzmina, J., Arefjevs, I., Natrins, A., 2023. The Role of Green Finance in Fostering the Sustainability of the Economy and Renewable Energy Supply: Recent Issues and Challenges. *Energies*, 16(23): 7712.
- Mngumi, F., Shaorong, S., Shair, F., Waqas, M., 2022. Does green finance mitigate the effects of climate variability: role of renewable energy investment and infrastructure. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(39): 59287-59299.
- Nu, G., 2023. Nexus between green finance, renewable energy, and carbon intensity in selected Asian countries. *Journal of Cleaner Production*, 405: 136822.
- Öztürk, H., 2013. Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Peng, J., Shi, W., Xiao, J., Wang, T., 2023. Exploring the nexus of green finance and renewable energy consumption: unraveling synergistic effects and spatial spillovers. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(45): 100753-100769.
- Saraçoğlu, N., 2018. Küresel İklim Değişimi Biyoenerji Enerji Ormanlığı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Efil Yayınevi, Ankara.
- Subramaniam, Y., Loganathan, N., 2024. Does green finance affect renewable energy development in Singapore?. *Journal of Asian Business and Economic Studies*. Ahead-of-print.
- Şahin, Y., Demiral, B., 2023. Sürdürülebilirlik, inovasyon ve liderlik kavramlarına bibliyometrik bakış. *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(2): 146-160.
- Şahin, Y., 2024. Yeşil Finans Perspektifinden Havacılıkta Sürdürülebilirlik. (Ed: N.C. Karadağ, A. Balcıoğulları). *Sosyal Bilimlerde Güncel Araştırma ve İncelemeler VI*. Akademisyen Kitabevi, Ankara, s.51-62.
- Tang, X., Zhou, X., 2023. Impact of green finance on renewable energy development: a spatiotemporal consistency perspective. *Renewable Energy*, 204: 320-337.
- Tariq, A., Hassan, A., 2023. Role of green finance, environmental regulations, and economic development in the transition towards a sustainable environment. *Journal of Cleaner Production*, 413: 137425.
- Vardar, G., Aydoğan, B., Gürel, B., 2023. Investigating the ecological footprint and green finance: evidence from emerging economies. *Journal of Economic and Administrative Sciences*. Ahead-of-print.
- Wang, Q., Fan, Z., 2023. Green finance and investment behavior of renewable energy enterprises: A case study of China. *International Review of Financial Analysis*, 87: 102564.
- Wu, D., Song, W., 2023. Does green finance and ICT matter for sustainable development: role of government expenditure and renewable energy investment. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13): 36422-36438.

- Wu, H., 2023. Evaluating the role of renewable energy investment resources and green finance on the economic performance: Evidence from OECD economies. *Resources Policy*, 80: 103149.
- Xia, L., Liu, Y., Yang, X., 2023. The response of green finance toward the sustainable environment: the role of renewable energy development and institutional quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21): 59249-59261.
- Xiong, Y., Dai, L., 2023. Does green finance investment impact on sustainable development: Role of technological innovation and renewable energy. *Renewable Energy*, 214: 342-349.
- Xu, J., Moslehpour, M., Tran, T. K., Dinh, K. C., Ngo, T. Q., Huy, P. Q., 2023. The role of institutional quality, renewable energy development and trade openness in green finance: Empirical evidence from South Asian countries. *Renewable Energy*, 207: 687-692.
- Yarımkaya, D., 2021. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayınevi, Ankara.
- Zhang, D., Mohsin, M., Taghizadeh-Hesary, F., 2022. Does green finance counteract the climate change mitigation: asymmetric effect of renewable energy investment and R&D. *Energy Economics*, 113: 106183.
- Zhang, K. Q., Chen, H. H., Tang, L. Z., Qiao, S., 2022. Green finance, innovation and the energy-environment-climate nexus. *Frontiers in Environmental Science*, 10: 879681.
- Zhang, Y., 2022. How economic performance of OECD economies influences through green finance and renewable energy investment resources?. *Resources Policy*, 79: 102925.
- Zhao, S., He, X., Faxritdinovna, K. U., 2023. Does industrial structure changes matter in renewable energy development? Mediating role of green finance development. *Renewable Energy*, 214: 350-358.
- Zheng, M., Du, Q., Wang, Q. J., 2023. Nexus between green finance and renewable energy development in China. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(4): 1205-1218.
- Zheng, M., Feng, G. F., Chang, C. P., 2023. Is green finance capable of promoting renewable energy technology? Empirical investigation for 64 economies worldwide. *Oeconomia Copernicana*, 14(2): 483-510.
- Zhong, X., Ali, A., Zhang, L., 2024. The Influence of Green Finance and Renewable Energy Sources on Renewable Energy Investment and Carbon Emission: COVID-19 Pandemic Effects on Chinese Economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-24.
- Zhou, M., Li, X., 2022. Influence of green finance and renewable energy resources over the sustainable development goal of clean energy in China. *Resources Policy*, 78: 102816.
- Zhu, L., Shang, Y., Qian, F., 2024. Green finance, renewable energy, and inbound tourism: a case study of 30 provinces in China. *Economic Change and Restructuring*, 57(2): 1-33.

Atıf Şekli: Şahin, B., Şahin, Y., 2024. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yeşil Finans Alanında Yapılan Çalışmaların Yazın Taraması. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 414–426

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12057812>.

To Cite: Şahin, B., Şahin, Y., 2024. Literature Review of Studies Conducted in the Field of Renewable Energy Resources and Green Finance. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 414–426.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12057812>.

Türkiye’de 2021-2022 Yılları Arasındaki Tavuk Eti Üretimi ’ne İstatistiksel Bir Değerlendirme

Muhammed Emir YEŞİLOVA ^{1*} 

¹ Bağımsız Araştırmacı

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

Geliş Tarihi (Received): 12.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.04.2024

Özet

Sağlıklı beslenme konusunda her geçen gün daha da duyarlı olan tüketiciler, hayvansal protein açığının kapatılmasında kırmızı ete alternatif olarak daha az yağlı ve daha ucuz olan kanatlı etine yönelmektedir. Dolayısıyla kümes hayvancılığı sektörünün izlenmesi ve sektördeki gelişmelerin değerlendirilmesi çok önemli rol oynamaktadır. Bu makalenin amacı; Türkiye’de 2021-2022 yılına ait tavuk eti üretimindeki farklı parametreleri değerlendirmektir. Bu bağlamda, tavuk eti üretiminin aylık değişimleri incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, 2022 yılında, bir önceki yıla göre kesilen tavuk sayısında (adet) % 8.4’lük bir artış ve tavuk eti (ton) üretiminde % 7.7’lik bir artış olduğu saptanmıştır. Bu artışın temel nedenleri, tavuk etine olan yoğun talep ve günümüzdeki kırmızı et fiyatlarındaki büyük artış olarak izlenmektedir. Kırmızı etteki durdurulamaz artış dikkate alındığında, tavuk etine olan talebin ilerleyen yıllarda daha da artması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tavuk yetiştiriciliği, kırmızı et fiyatları, tavuk eti tüketimi, spss analizi

A Statistical Evaluation of Chicken Meat Production in Turkey Between

Abstract

Poultry farming; It is the most developed and technologically open sector of the livestock industry. Consumption is quite high because production is easy and fast and the cost is low. Consumers, who are increasingly sensitive about healthy nutrition, are turning to poultry meat, which is less fatty and cheaper, as an alternative to red meat to fill the animal protein gap. In the last 20 years, poultry meat production and consumption in the world has shown an increasing trend. Therefore, it is very important to monitor the poultry industry and evaluate the developments in the sector. The purpose of this article; The aim is to evaluate different parameters in chicken meat production in Turkey for 2021-2022. In this context, monthly changes in chicken meat production were examined. In the light of the data obtained, it was determined that in 2022, there was an 8.4 % increase in the number of slaughtered chickens (units) and a 7.7 % increase in chicken meat (ton) production compared to the previous year. The main reasons for this increase are the high demand for chicken meat and the huge increase in today's red meat prices. Considering the unstoppable increase in red meat, the demand for chicken meat is expected to increase further in the coming years.

Keywords: Chicken farming, red meat prices, chicken meat consumption, spss analysis

1. Giriş

Türkiye'deki tavuk üretimi hem ekonomik hem de tarımsal açıdan önemli bir sektördür. Türk Tarım Orman Dergisi'nin Mart-Nisan 2023 sayısına göre, Türkiye yumurta ve tavuk eti üretiminde dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Modern tesislerde yapılan yumurta ve etlik piliç üretimi, ülkenin ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

TÜİK'in 2022 verilerine göre, Türkiye'de 110 milyon adet yumurta tavuğu bulunmakta ve yıllık 20 milyar adet tavuk yumurtası üretimi gerçekleşmektedir. Aynı verilere göre yaklaşık 1,4 milyar tavuk kesilmiş ve 2.5 milyon ton beyaz et üretimi yapılmaktadır.

Tavukçuluk üretiminde başarılı bir işletme kurmak için dikkat edilmesi gereken bazı temel etmenler vardır. Bunlar arasında üretim hedeflerinin doğru belirlenmesi, üretim türü, kümes tipleri, pazarlama stratejisi ve hedef kitle bulunması dikkate alınmaktadır. Türkiye'de tavuk eti ve yumurta üretimi, son zamanlarda artış göstermektedir. 2024 yılının ocak ayında, geçen yılın aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 6 artarak 203 bin 64 tona, tavuk yumurtası üretimi ise %6.3 yükselişle 1 milyar 837 milyon 648 bine çıktığı görülmüştür. Bu veriler, Türkiye'nin tavukçuluk alanında sürekli bir büyümü içinde olduğunu ve bu sektörün ülke ekonomisi için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Türkiye istatistik kurumu 2021-2022 yıllarına ait tavuk eti üretimi verilerinden elde edilen verilerden tavuk eti üretimi ve kesilen tavuk sayısı arasındaki artış ve azalış incelenmiştir.

Spss paket program kullanılarak 2021 ve 2022 yılları arasındaki tavuk eti üretimindeki artış ve azalışları yıllara göre değerlendirilmiş, istatistiksel olarak incelenmiştir. Spss bir istatistik programı olmakla beraber birçok verinin temel istatistik işlevinde (çapraz tablolama,

frekanslar, tekrar etme, iki boyutlu istatistikler, veri istifleme, sayma, toplama, vb) kullanılmasını sağlar. Bu çalışmada Spss programının iki bağımsız grup ortalamasının karşılaştırılması (Mann Whitney U) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak yorumlanmış ve geleceğe yönelik yaklaşımlarda bulunulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Türkiye'deki tavuk üretiminin aylık artış analizi

Türkiye, kümes hayvancılığı alanında önemli bir üretici konumunda bulunmaktadır. Tavuk eti ve yumurta üretimi, ülke tarımının cam damarlarından biri olarak kabul edilmektedir. Son verilere göre, tavuk eti üretimi ocak ayında geçen yılın aynı ayına göre % 6 artarak 203 bin 64 tona ulaştığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda tavuk yumurtası üretimi de % 6.3'lük yükselişle 1 milyar 837 milyon 648 bin seviyelerine ulaşmaktadır.

TÜİK'in Aralık 2022 verilerine göre, tavuk eti üretimi bir önceki yıla göre % 7.7'lik ve tavuk yumurtası üretimi % 2.6'lık bir artış göstermektedir. Ağustos 2022'de ise tavuk eti üretimi bir önceki aya göre % 14.4 artarak 215 bin 865 ton olarak gözlemlenmektedir. Bu veriler, Türkiye'nin tavuk eti üretimindeki aylık ve yıllık artış trendini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Sektörün bu büyümesi hem iç hem de ihracatta Türkiye'nin rekabet gücünü artırmaktadır.

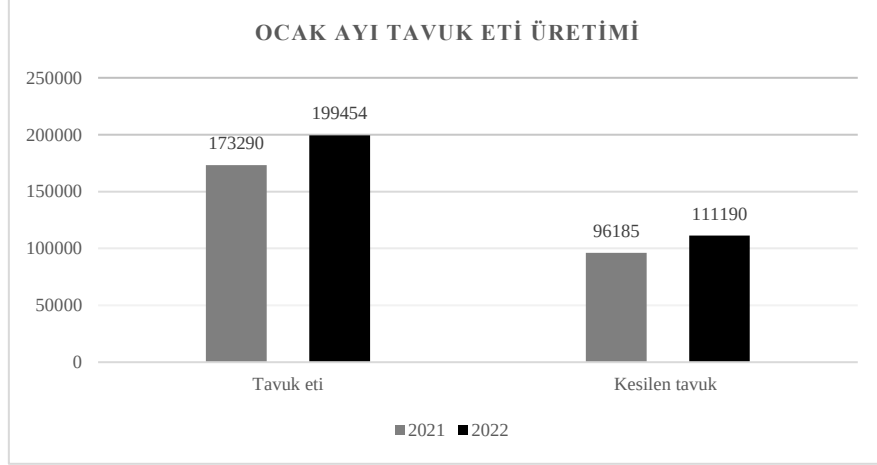
Türkiye'nin tavuk eti üretimi, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve modern teknolojilerin entegrasyonu ile gelecekte de büyümeye devam edeceğini göstermektedir. Bu artış eğilimi, sektördeki yatırımcılar ve çiftçiler için yeni fırsatlar sunarken, tüketicilere de kaliteli ürünlerin yolunu açmaktadır.

Ocak ayında bir önceki yılın aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 15.1 ve kesilen tavuk sayısı % 15.6 oranında arttığı gözlemlenmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Ocak ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	173 290	199 454	15.1
Kesilen Tavuk (Bin adet)	96 185	111 190	15.6

2021 Ocak ayında 173 290 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Ocak ayında % 15.1 artarak 199 454 ton olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 1).

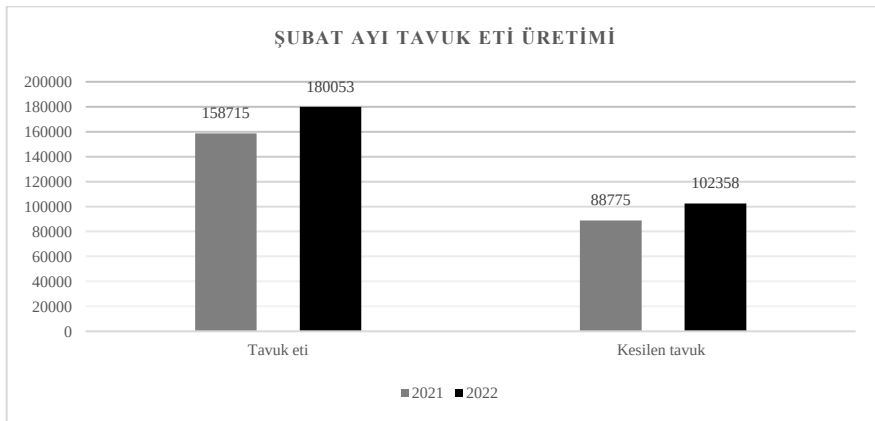
**Şekil 1.** Ocak ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Şubat ayında bir önceki yılın aynı ayına göre tavuk eti üretimi %13,4 ve kesilen tavuk sayısı %15,3 arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Şubat ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	158 715	180 053	13.4
Kesilen Tavuk (Bin adet)	88 775	102 358	15.3

2021 Şubat ayında 158 715 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Şubat ayında % 13.4 artarak 180 053 ton seviyelerine yaklaşmıştır (Şekil 2).

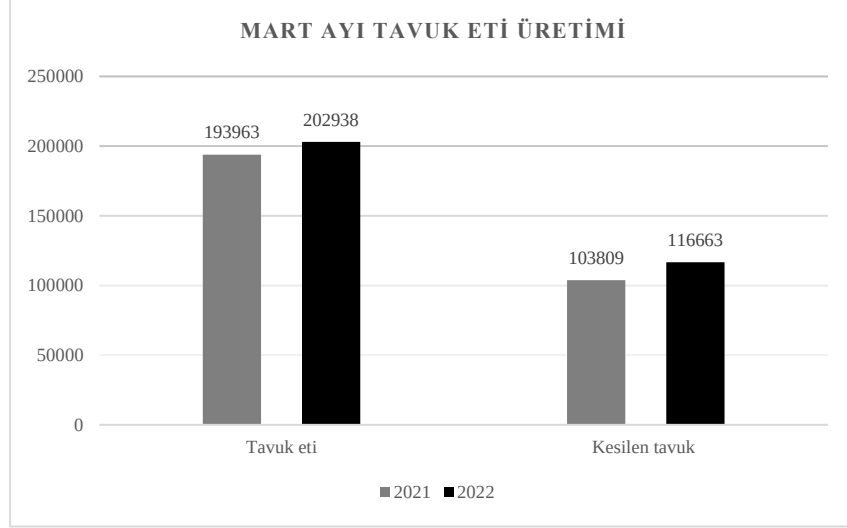
**Şekil 2.** Şubat ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Mart ayında bir önceki yılın aynı ayına göre kesilen tavuk sayısı % 12.4 ve tavuk eti üretimi % 3 arttığı gözlenmektedir (Tablo 3). 2021 Mart ayında 196 963 ton olan tavuk

eti üretimi, 2022 Mart ayında % 3.0 artarak 202 938 ton olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3).

Tablo 3. Mart ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	193 963	202 938	3.0
Kesilen Tavuk (Bin adet)	103 809	116 663	12.4

**Şekil 3.** Mart ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Nisan ayında bir önceki yılın aynı ayına göre kesilen tavuk sayısı % 8.4 tavuk eti

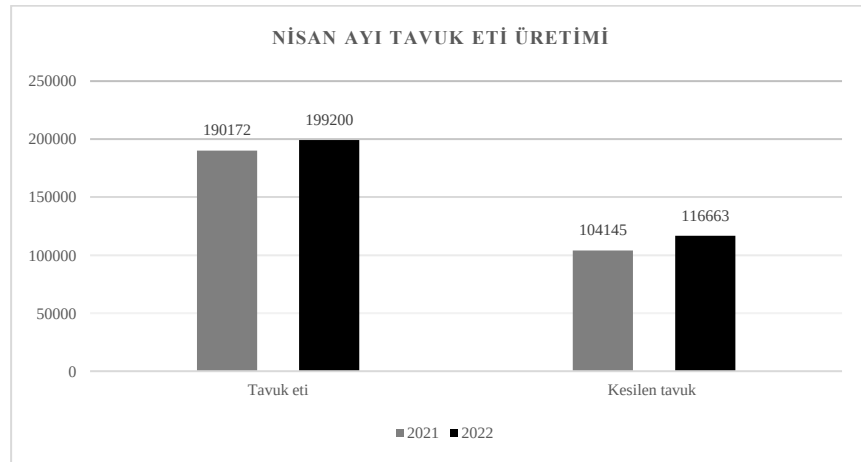
üretimi % 4.7 arttığını göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Nisan ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	190 172	199 200	4,7
Kesilen Tavuk (Bin adet)	104 145	112 849	8,4

2021 Nisan ayında 190 172 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Nisan ayında %4.7

artarak 199 200 ton olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4).

**Şekil 4.** Nisan ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Mayıs ayında bir önceki yılın aynı ayına göre kesilen tavuk sayısı % 12.3 tavuk eti

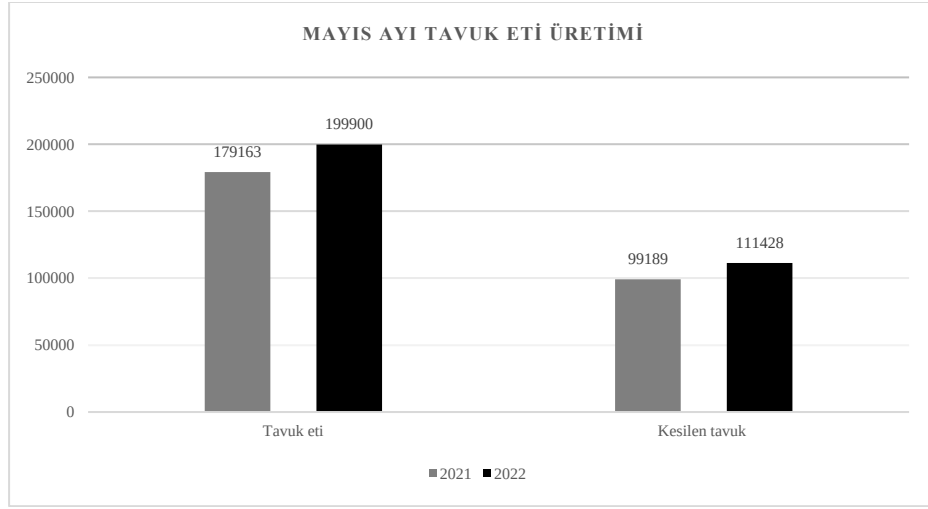
üretimi % 11.6 arttığını göstermektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Mayıs ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	179 163	199 900	11.6
Kesilen Tavuk (Bin adet)	99 189	111 428	12.3

2021 Mayıs ayında 179 163 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Mayıs ayında % 11.6

artarak 199 900 ton olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5).

**Şekil 5.** Mayıs ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Haziran ayında bir önceki yılın aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 13.4 kesilen

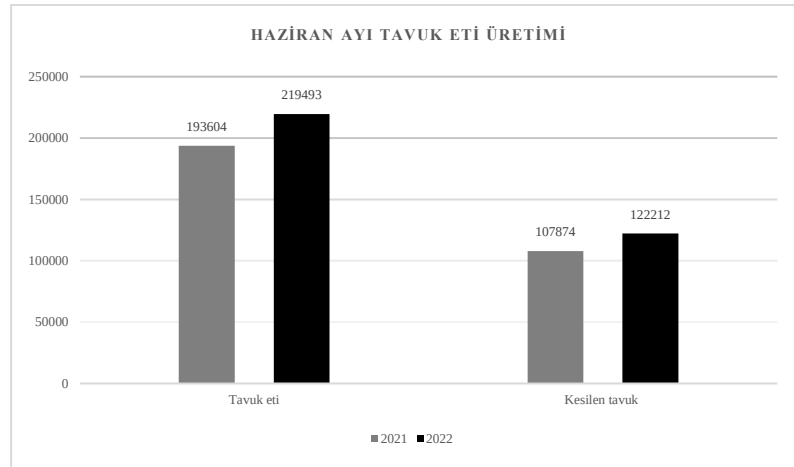
tavuk sayısı % 13.3 arttığını göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Haziran ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	193 604	219 493	13.4
Kesilen Tavuk (Bin adet)	107 874	122 212	13.3

2021 Haziran ayında 193 604 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Haziran ayında %

13.4 artarak 219 493 ton seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 6).

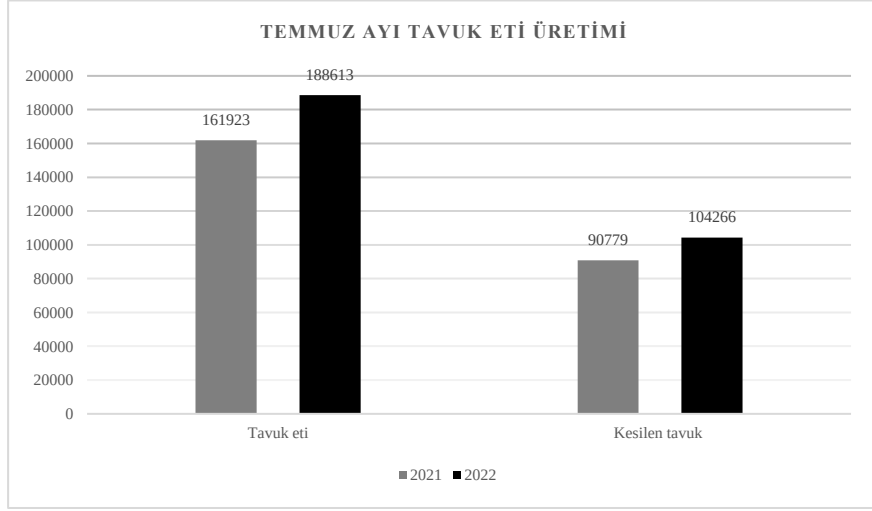
**Şekil 6.** Haziran ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Tablo 7. Temmuz ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	161 923	188 613	16.5
Kesilen Tavuk (Bin adet)	90 779	104 266	14.9

2021 Temmuz ayında 161 923 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Temmuz ayında % 16.5 artarak 188 613 ton seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 7). Temmuz ayında bir

önceki aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 16.5 kesilen tavuk sayısı % 14.9 arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 7).

**Şekil 7.** Temmuz ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Ağustos ayında bir önceki aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 12.1 kesilen tavuk

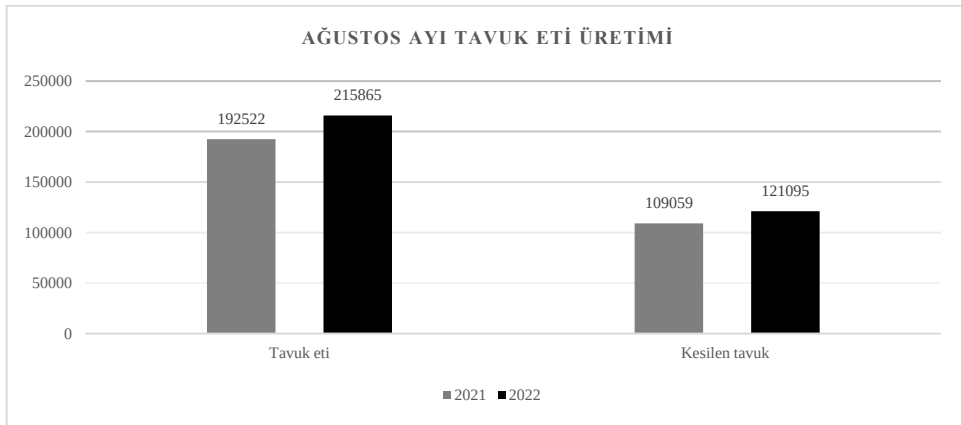
sayısı % 11 arttığını göstermektedir (Tablo 8).

Tablo 8. Ağustos ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	192 522	215 865	12.1
Kesilen Tavuk (Bin adet)	109 059	121 095	11.0

2021 Ağustos ayında 192 522 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Ağustos ayında

%12.1 artarak 215 865 ton olduğu gözlenmiştir (Şekil 8).

**Şekil 3.** Ağustos ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Eylül ayında bir önceki aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 5.7 ve kesilen tavuk

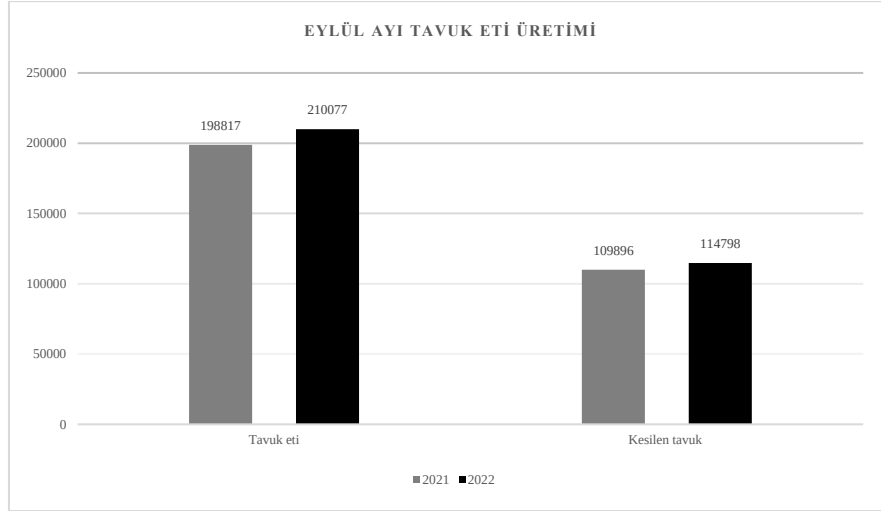
sayısı % 4.5 arttığını göstermektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Eylül ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	198 817	210 077	5.7
Kesilen Tavuk (Bin adet)	109 896	114 798	4.5

2021 Eylül ayında 198 817 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Eylül ayında % 5.7

artarak 210 077 ton olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Eylül ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Ekim ayında bir önceki aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 2.3 ve kesilen tavuk

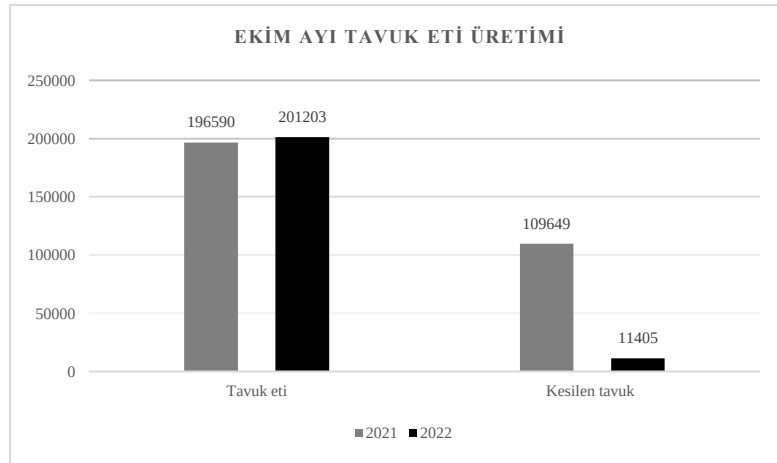
sayısı % 1.6 arttığını göstermektedir (Tablo 10).

Tablo 10. Ekim ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	196 590	201 203	2.3
Kesilen Tavuk (Bin adet)	109 649	111 405	1.6

2021 Ekim ayında 196 590 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Ekim ayında % 2.3

artarak 201 203 ton olduğu görülmüştür (Şekil 10).



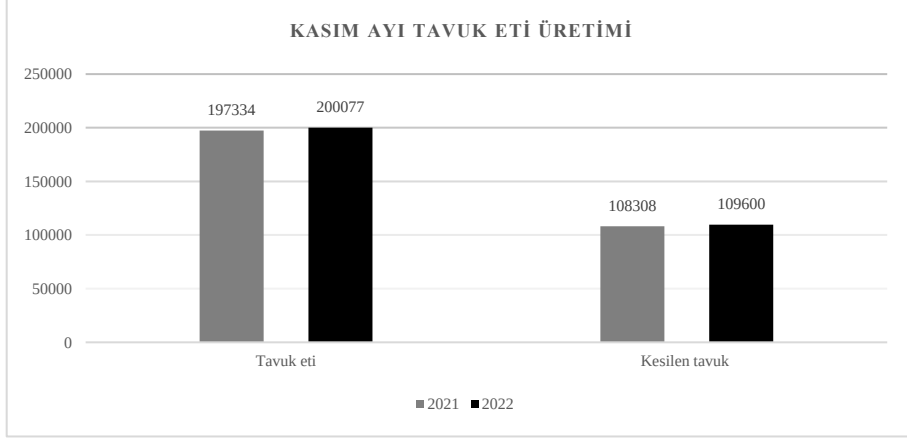
Şekil 10. Ekim ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

Kasım ayında bir önceki yılın aynı ayına göre tavuk eti üretimi % 1.4 ve kesilen

tavuk sayısı % 1.2 arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Kasım ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	197 334	200 077	1.4
Kesilen Tavuk (Bin adet)	108 308	109 600	1.2



Şekil 11. Kasım ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

2021 Kasım ayında 197 334 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Mayıs ayında % 1.4 artarak 200 077 ton olmuştur (Şekil 11). Aralık ayında bir önceki yılın aynı ayına

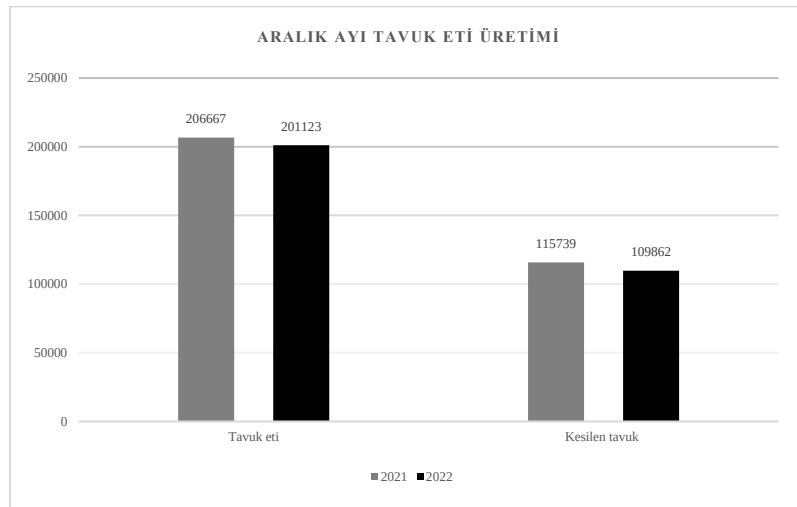
göre tavuk eti üretimi % 2.7 ve kesilen tavuk sayısı %5,1 azaldığını göstermektedir (Tablo 12).

Tablo 12. Aralık ayı tavuk eti ve kesilen tavuk sayısı değişimi (2021-2022)

	2021	2022	Değişim (%)
Tavuk eti (Ton)	206 677	201 123	-2.7
Kesilen Tavuk (Bin adet)	115 739	109 862	-5.1

2021 Aralık ayında 206 677 ton olan tavuk eti üretimi, 2022 Aralık ayında

% 2.7 oranında azalarak 2021 123 ton olduğu saptanmıştır (Şekil 12) .



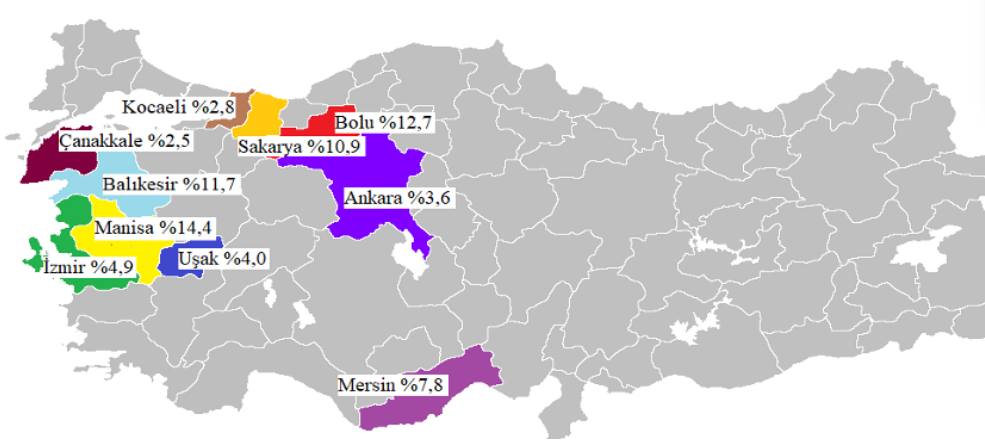
Şekil 4. Aralık ayı tavuk eti üretimi (2021-2022)

3.2 Türkiye’de, bölgesel bazda tavuk eti üretimi

2021 yılında Türkiye tavuk eti üretimi sayısı bakımından ilk sırada yer alan Manisa, 38.9 milyon adet ile % 14.4’lük paya sahip olmaktadır. Bolu 34.3 milyon adet, Balıkesir 31.6 milyon adet ve Sakarya ise 29.5 milyon adet tavuk eti üretimi ile

diğer önemli iller arasında yer almaktadır(Şekil 13).

Bu iller toplam eti üretimi sayısının % 75.3’ünü oluşturmaktadır. Başlıca iller arasında bir önceki yıla göre en büyük artış % 13.3 ile Bolu’da ve en büyük azalış % 10.3 ile İzmir’de olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Türkiye’deki tavuk eti üretim sayısı bakımından başlıca iller (2021, %)

2022 yılında Türkiye tavuk eti üretimi sayısı bakımından ilk sırada yer alan Balıkesir, 33.5 milyon ile % 13.3’lük paya sahip olmaktadır. Manisa 30.4 milyon ile % 12.1’lik paya, Sakarya 25.6 milyon ile % 10.2’lik paya, Bolu ise 21.9 milyon ile % 8.7’lik bir paya sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 14).

Bu iller toplam tavuk eti üretimi sayısının % 76.5’ini oluşturmaktadır. Başlıca iller arasında bir önceki yıla göre en büyük artış % 23.9 ile Çanakkale’de ve en büyük azalış % 36.1 ile Bolu’da gerçekleşmektedir.



Şekil 6. Türkiye’deki tavuk eti üretim sayısı bakımından başlıca iller (2022, %)

4. Sonuç

2022 yılında tavuk eti sayısı bir önceki yıla göre % 7.1 oranında azalarak 251 milyon adet seviyesine gerilemiştir. 2022

yılında kümes hayvanlarının & 68.5’ini tavuk eti oluşturmaktadır. Tavuk eti bölgeler bazında incelendiğinde, 2022 Doğu Marmara ve Ege Bölgesi’nin

toplamda % 56, olarak en büyük artış, 2022 yılında % 26 ile Güneydoğu Anadolu ve % 10.6 ile Orta Anadolu'da en çok üretimin olduğu saptanmıştır.

Doğu Marmara% 78.4 milyon adet tavuk eti üretimi bakımından lider konumdayken Ege Bölgesi'nde 63.1 milyon adet ve Batı Marmara'da 40.8 milyon adet tavuk eti üretimi yapıldığı saptanmıştır. Bölgeler arasında tavuk sayısı bakımından bir önceki yıla göre tavuk eti üretimi oransal olarak gerçekleşmiştir. Bölgeler arasında oransal olarak en büyük azalış % 15.5 ile Doğu Marmara ve % 12.8 ile Doğu Karadeniz'de gerçekleşmiştir.

Türkiye'de 2022 yılında yaklaşık olarak 1,25 milyar adet tavuk kesilmiş ve 2.4 milyon ton tavuk eti üretimi yapılmıştır. Kesilen tavuk sayısı bir önceki yıla göre % 8.4 artarken tavuk eti üretimi % 7.7 artış göstermektedir.

Türkiye'de 2022 yılında 2 milyon 417 bin 955 ton tavuk eti üretimi gerçekleştirilmiştir. Tavuk eti üretimi 2021'e göre % 7.7 yükselerek 2 milyon 604 bin 180 ton seviyelerine ulaşmaktadır.

Türkiye kanatlı sektörü, son 15 yılda ortalama % 6 ile % 10 oranında artan eti üretimi ile yıllar itibariyle büyüdüğü gözlemlenmektedir.

Açıklama

Bu çalışmanın yazımında ve istatistiksel verilerin yorumlanmasında emeği geçen Prof. Dr. Abdullah Yeşilova'ya teşekkür ederim.

Kaynaklar

Anonim, 2023. Statista, Web Sitesi: <https://www.statista.com/statistics/1836>

78/per-capitaconsumption-of-eggs-in-the-us-since-2000/ (Erişim tarihi: 02.02.2024).

Anonim, 2022a. Poultry World, Meat, News. April 13, 2022 Web Sitesi: www.poultryworld.net (Erişim tarihi: 05.02.2024).

BESD-BİR, 2023. Beyaz Et Sanayiciler ve Damızlıkçıları Birliği, Web Sitesi: www.besdbir.org.tr (Erişim tarihi: 10.02.2024).

OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. Web Sitesi: <https://www.oecd-ilibrary.org> (Erişim tarihi: 28.02.2024).

OECD, 2023. Web Sitesi: www.oecd.org
Anonim, 2022a. Poultry World, Meat, News www.poultryworld.net (Erişim tarihi: 27.02.2024).

TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 27.02.2024)

TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 27.02.2024).

TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 27.02.2024).

TÜRKİYEM-BİR, 2023. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği. www.yem.org.tr (Erişim tarihi: 27.02.2024).

USDA, 2022. USDA Livestock and Poultry: World Markets and Trade.Record Brazil Meat Export in 2023, October 12, 2022

USDA, 2023b. USDA Turkey Poultry and Products Annual 2021, Date: August 31, 2021. Gain Report Number: TU2023-0028

Atıf Şekli: Yeşilova, M.E., 2024. Türkiye'de 2021-2022 Yılları Arasındaki Tavuk Eti Üretimi'ne İstatistiksel Bir Değerlendirme. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 427–436.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12063352>.

To Cite: Yeşilova, M.E., 2024. A Statistical Evaluation of Chicken Meat Production in Turkey Between. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 427–436.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12063352>.

Investigation of the Effect of *Allium polyanthum* on the ABCB1 Gene in Colon Cancer Treatment

Fulya KÖKTEN ^{1*}, Fevzi Berk ŞAHİN ¹, Hüseyin KEŞAN ¹, Gonca KABAK ², Yavuz SİLİĞ ²

¹ Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Medical, Sivas

¹ Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Sivas

*Corresponding author: fulyakokten@outlook.com

Received: 15.03.2024

Accepted: 25.04.2024

Abstract

Colorectal cancer is one of the most common cancer types worldwide, presenting various challenges in treatment processes. This study investigates the potential effects of *Allium polyanthum* in colon cancer treatment, particularly focusing on its impact on the ABCB1 gene. The ABCB1 gene plays a significant role in developing resistance to chemotherapy drugs in cancer cells. In this research, in vitro colon cancer cell lines were utilized to examine the effects of *Allium polyanthum* extract on ABCB1 gene expression. Another crucial component of the study involves the evaluation of docetaxel, a commonly used chemotherapy drug in colon cancer treatment. Docetaxel belongs to the taxane class of drugs, effectively halting the division of cancer cells, but resistance development can limit treatment success. The results demonstrate that *Allium polyanthum* extract enhances docetaxel efficacy in colon cancer cells by suppressing ABCB1 gene expression.

Keywords: *Allium polyanthum*, colorectal cancer, drug resistance

1. Introduction

Cancer is characterized by the uncontrolled growth of abnormal cells resulting from genetic damage. It is the most common among somatic and genetic diseases. Environmental factors such as stress, radiation, and genetic factors play a role in cancer formation.

In our country, the most common cancers in men are lung cancer, while in women, breast cancer is the most prevalent. Colorectal cancer ranks third in both genders (Deniz, 2022). Among colorectal cancers, colon cancer is the most common in the gastrointestinal system (Gürbüz et al., 2015). The risk of colon cancer increases with age. Unlike other cancers, colon cancers arise from precursor lesions known as polyps (Remzi ve Öncel, 2006). Approximately 25% of asymptomatic patients have polyps, with 5% to 10% of these gaining invasive potential within 20 years.

Chemotherapy is one of the treatment methods used for cancer patients. Docetaxel, a herbal drug, is used to treat many cancer patients. Docetaxel is the active ingredient in several important drugs used in cancer treatment. The microtubule formed by docetaxel consists of an average of 13.4 tubulin subunits. Docetaxel is rapidly absorbed into cells and can remain inside cells for a long time. This property makes docetaxel significant in both in vivo and in vitro antitumor activity studies (Erdemoğlu ve Şener, 2000).

Garlic (*Allium sativum* L.) is a member of the Alliaceae family. It is known to have

originated in Central Asia and spread to China, the Middle East, the Mediterranean region, and subsequently to Europe (Singh ve Singh, 2008). Garlic contains various bioactive compounds such as organic sulfites, saponins, phenolic compounds, and polysaccharides, which contribute to its numerous health benefits (Bose et al., 2014; Alam et al., 2016; Diretto et al., 2017; Shang et al., 2019). Additionally, it is rich in vitamins, minerals, proteins, and fats. Garlic is one of the most important bulbous vegetables used as a spice and flavoring agent in food (Szychowski, 2018). It enhances the taste of food and aids in digestion. Garlic products are widely used as a source of medication in daily life and are considered a popular remedy for various ailments and physiological disorders. In recent years, numerous studies have revealed garlic's biological functions, including its antioxidant, cardiovascular protective, anticancer, anti-inflammatory, immunomodulatory, anti-diabetic, anti-obesity, and antibacterial properties (Seçkiner et al., 2014; Yun et al., 2014).

Allium polyanthum, also known as the many-flowered garlic, is a Mediterranean wild onion species native to Spain, France, Italy, Morocco, and Tunisia. Due to its edible and strongly aromatic bulbs and leaves, it is widely cultivated. *Allium polyanthum* typically produces an egg-shaped bulb surrounded by small bulbs at the base. The scape can grow up to 80 cm in height. The leaves are straight and broad, tapering to a point at the tip. The flowers are numerous and small, either white or pink (Anonim, 2024).



Figure 1. *Allium polyanthum* (Anonim, 2024)

ABCB1 (ATP Binding Cassette Subfamily B Member 1) is a gene that encodes a protein. As a member of the ATP-binding cassette (ABC) transporters' superfamily, it encodes an important protein. The multidrug resistance gene (*MDR1*), also known as the *ABCB1* gene, emerges after drugs are ingested (Leiri, 2012). The P-Glycoprotein encoded by the *MDR1/ABCB1* gene has substrate specificity, making it clinically significant (Marzolini, et al., 2004). This gene produces P-glycoprotein (P-gp), an ATP-dependent drug efflux pump with broad substrate specificity for xenobiotic

compounds. The P-gp encoded by *ABCB1* facilitates the transport of various drugs and phospholipids across cell membranes. This transport process is energized by ATP hydrolysis. P-gp can cause drug resistance in cancer cells by pumping various anticancer drugs out of the cells. This can reduce the effectiveness of treatment and make cancer treatment more challenging. *ABCB1* is an important transporter in the blood-brain barrier, protecting brain tissue from toxins and pharmacological agents. The role of *ABCB1* in drug resistance is of great interest in cancer treatment research.

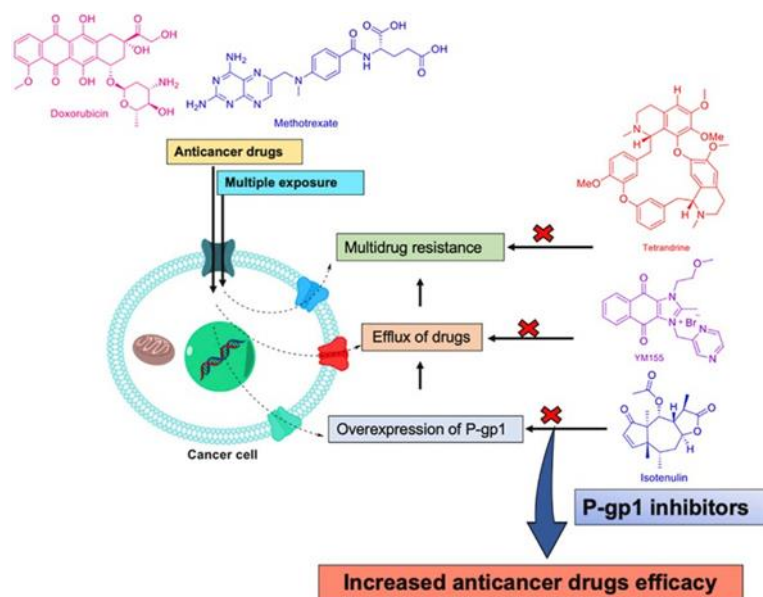


Figure 2. ABCB1 gene effect (Engle ve Kumar, 2022)

The expression of P-Glycoprotein in the gastrointestinal system and capillary endothelial cells of the blood-brain barrier leads to decreased oral absorption of many drugs, excretion from the body through urine and bile, and prevention of drug entry into the central nervous system (Londhe et al., 2011). Single nucleotide polymorphisms have been identified in MDR1 (Londhe et al., 2011). These polymorphisms are considered risk factors for many diseases, although their exact effect on P-Glycoprotein is not fully understood (Marzolini et al., 2004).

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

Allium polyanthum Schult. plants used in this study were collected from Tepeköy and Ütük villages, located in the Zara district of Sivas province, Turkey, in May and September of 2023. We would like to express our gratitude to Assoc. Prof. Dr. Emre EVLİCE from the Department of Agricultural Sciences at Sivas University of Science and Technology for his support in the collection of the plant and the preparation of the extract.

2.2. Preparation of the extracts

The essential oils from the plants were extracted separately from the flowerless stem and flower+stem parts. The volatile oils were obtained by hydrodistillation of the specified parts of the plants using a Clevenger apparatus for 3 hours. The condenser part of the Clevenger apparatus was connected to a microcooler device to maintain the cooling water at 4°C. The yield of the obtained oil was determined as v/w (mL oil/g plant). The isolated volatile oil was transferred to amber-colored bottles and stored at

-20°C until analysis after being purified from water on Na₂SO₄ (Alkan et al., 2021).

2.3. Cytotoxicity activities

The IC₅₀ value found in the study conducted by Wang, Huang, et al. was utilized for cytotoxic activity assessment (Wang et al., 2016).

2.4. Cell culture

HT-29 and CCD18-Co cell lines were cultured in MEM and RPMI medium supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS), penicillin (100 U/mL), and streptomycin (10 mg/L). The cells were maintained at 37°C in a humidified atmosphere containing 5% CO₂ and 95% air. Subsequently, cells were trypsinized from 70-80% confluent cell culture flasks and seeded into 6-well plates.

2.5. Statistical analysis

All experiments were conducted in triplicate, and the results were expressed as means ± standard error of the mean (SEM). Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA), and differences were considered significant at $p < 0.05$. The IC₅₀ values were determined using statistical software, GraphPad Prism8 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

3. Results and Discussion

Garlic's active ingredient, allicin, is a sulfur compound produced by consuming powdered garlic products obtained by crushing or chewing garlic (Lawson et al., 1992). Both in vitro and in vivo studies have shown that garlic potentially regulates the activity of P450 isozymes (Ameen et al., 2003). If these effects occur in patients treated for malignancy, garlic has the potential to disrupt the metabolism of many clinically important agents, including docetaxel, a CYP3A4 substrate drug (Marre et al., 1996). Based on this information, we aimed to investigate the effect of garlic on colon cancer cell lines in our study. The effects of *Allium polyanthum* extract and docetaxel on ABCB1 gene expression were examined. No significant change in gene expression was observed in cells treated with *Allium polyanthum* alone. However, a significant increase in expression was observed when combined with docetaxel. Firstly, the effects of active components of this plant on cells may be regulated by other factors in the cell environment.

Especially in cell culture conditions, the biological activity of the plant extract may be limited. The significant increase in expression of *Allium polyanthum* in combination with docetaxel indicates that the combined effects of these two agents are present. The use of *Allium polyanthum* in

combination with docetaxel, by enhancing the effectiveness of docetaxel, may play an important role in overcoming drug resistance of cancer cells. The use of *Allium polyanthum* with docetaxel may potentially increase chemotherapy effectiveness by increasing *ABCB1* gene expression.

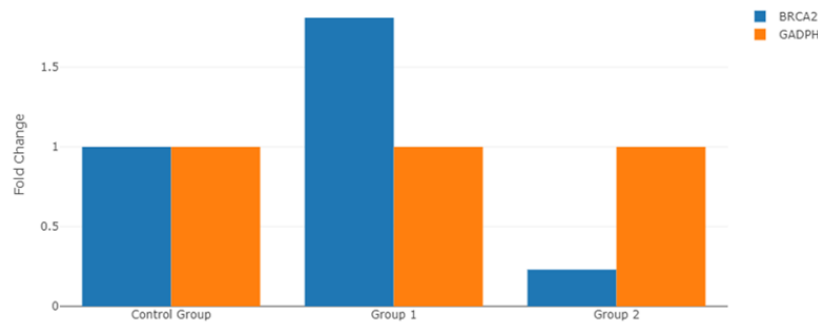


Figure 3. ABCB1 Gene Levels in HT-29 Cell Line (The levels of ABCB1 gene expression in the HT-29 cell line were assessed in two groups: Group 1, treated with *Allium sativum* L and Docetaxel; Group 2, treated with *Allium sativum*)

Table 1. Fold Changes in ABCB1 Gene Compared to the Control Group

Symbol	Changes in fold induction	
	Group 1	Group 2
<i>ABCB1</i>	1.81	0.23
<i>GAPDH</i>	N/A	N/A

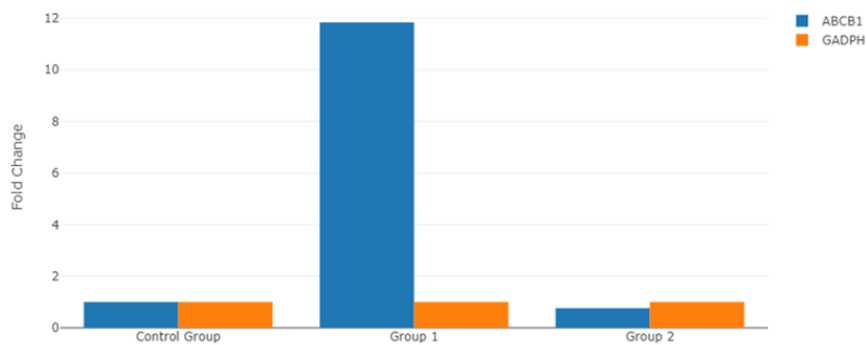


Figure 4. ABCB1 Gene Levels in CCD-18Co Cell Line (The levels of ABCB1 gene expression in the CCD-18Co cell line were assessed in two groups: Group 1, treated with *Allium sativum* L and Docetaxel; Group 2, treated with *Allium sativum*.)

Table 2. Fold Changes in ABCB1 Gene Compared to the Control Group

Symbol	Changes in fold induction	
	Group 1	Group 2
<i>ABCB1</i>	0.32	0.41
<i>GAPDH</i>	N/A	N/A

4. Conclusion

In conclusion, this study demonstrates that *Allium polyanthum*, when used in combination with docetaxel, may enhance its therapeutic potential in the treatment of colon cancer. Future studies should further investigate the clinical efficacy and safety of this combination therapy in more detail. Such combinations of herbal and chemotherapeutic agents may contribute to the development of new treatments in cancer therapy.

Declaration of Author Contributions

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

Declaration of Conflicts of Interest

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

References

- llyanthum), (Erişim Tarihi: 10.04.2024)
- Bose, S., Laha, B., Banerjee, S., 2014. Quantification of allicin by high performance liquid chromatography-ultraviolet analysis with effect of post-ultrasonic sound and microwave radiation on fresh garlic cloves. *Pharmacognosy Magazine*, 10: 288-293.
- Deniz, E.A., 2022. Cancer epidemiology, *SOYD*, 3(2): 102-111
- Diretto, G., Rubio-Moraga, A., Argandona, J., Castillo, P., Gomez-Gomez, L., Ahrazem, O., 2017. Tissue-specific accumulation of sulfur compounds and saponins in different parts of garlic cloves from purple and white ecotypes. *Molecules*, 22: 1359.
- Engle, K., Kumar, G., 2022. Cancer multidrug-resistance reversal by ABCB1 inhibition: A recent update. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 239: 114542.
- Erdemoğlu, N., Şener, B., 2000. Taksan sınıfı bileşiklerin antitümör etkileri. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 29(1): 77-90.
- Gürbüz, V., Yılmaz, A., Gökçe, Ö., Konaç, E., 2015. İnsan kolon kanser hücre hattında (HT29) Sisplatin'in apoptotik etkisi, *Marmara Medical Journal*, 24(2): 100-105.
- Lawson, L.D., Ransom, D.K., Hughes, B.G., 1992. Inhibition of whole blood platelet-aggregation by compounds in garlic clove extracts and commercial garlic products. *Thrombosis Research*, 65: 141-56.
- Leiri, I., 2012. The MDR1(ABCB1) gene polymorphism and its clinical implication. *Clinical Pharmacokinetics*, 43: 553-576
- Londhe, V.P., Gavasane, A.T., Nipate, S.S., Bandawane, D.D., Chaudhari, P.D., 2011. Role of garlic (*Allium sativum*) in various diseases: An overview. *Angiogenesis*, 12(13): 129-134.
- Akay, G.G., 2010. MDR1 Gene Single Nucleotide Polymorphisms in Cancer Pharmacogenetics. *Journal of Medical Sciences*, 30: 29-36.
- Alam, K., Hoq, O., Uddin, S., 2016. Medicinal plant *Allium sativum*. A review. *Journal of Medicinal Plant Studies*, 4(6): 72-79.
- Alkan, M., Güzel, M., Akşit, H., Bağdat, R.B., Alkan, F.R., Evlice, E., 2021. Chemical components and insecticidal effects of essential oils from three lavender cultivars against adult *Sitophilus granarius* (L. 1758) (Coleoptera: Curculionidae). *Turkish Journal of Entomology*, 45(4): 405-416.
- Ameen, M., Musthapa, M.S., Abidi, P., Ahmad, I., Rahman, Q., 2003. Garlic attenuates chrysotile-mediated pulmonary toxicity in rats by altering the phase I and phase II drug metabolizing enzyme system. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 17: 366-71.
- Anonim, 2024. (https://en.wikipedia.org/wiki/Allium_po

- Marre, F., Sanderink, G., de Sousa, G., Gaillard, C., Martinet, M., Rahmani, R., 1996. Hepatic biotransformation of docetaxel (Taxotere) in vitro: involvement of the CYP3A subfamily in humans. *Cancer Research*, 56: 1296–302.
- Marzolini, C., Paus, E., Buclin, T., Kim, R.B., 2004. Polymorphisms in Human MDR1 (P- glycoprotein): Recent Advances and Clinical Relevance, *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 75(1): 13-33.
- Remzi, F.H., Öncel, M., 2006. Kolon kanserinde tarama ve takip. 6. *Koloproktoloji Sempozyumu*, 14-16 Nisan, Adana.
- Seckiner, I., Bayrak, O., Can, M., Mungan, A.G., Mungan, N.A., 2014. Garlic supplemented diet attenuates gentamicin nephrotoxicity in rats. *International Brazilian Journal of Urology*, 40: 562-567.
- Shang, A., Cao, S.Y., Xu, X.Y., Gan, R.Y., Tang, G.Y., Corke, H., Mavumengwana, V., Li, H.B., 2019. Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7): 246.
- Singh, V.K., Singh, D.K., 2008. Pharmacological effects of garlic (*Allium sativum* L.). *ARBS Annual Review of Biomedical Sciences*, 10: 6-26.
- Szychowski, K.A., Rybczynska-Tkaczyk, K., Gawel-Beben, K., Swieca, M., Karas, M., Jakubczyk, A., Matysiak, M., Binduga, U.E., Gminski, J., 2018. Characterization of active compounds of different garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68: 73-81.
- Wang, Y.J., Huang, Y., Anreddy, N., Zhang, G.N., Zhang, Y.K., Xie, M., Chen, Z.S., 2016. Tea nanoparticle, a safe and biocompatible nanocarrier, greatly potentiates the anticancer activity of doxorubicin. *Oncotarget*, 7(5): 5877.
- Yun, H.M., Ban, J.O., Park, K.R., Lee, C.K., Jeong, H.S., Han, S.B., Hong, J.T., 2014. Potential therapeutic effects of functionally active compounds isolated from garlic. *Pharmacology & Therapeutics*, 142: 183-195.

To Cite: Kökten, F., Şahin, F.B., Keşan, H., Kabak, G., Siliğ, Y., 2024. Investigation of the Effect of *Allium Polyanthum* on the ABCB1 Gene in Colon Cancer Treatment. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 437–443.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12167176>.

Erkek Buzağılarda Aromatik İçme Sularının Su Tüketimine ve Performansa Etkisi

Fatih BÜYÜKCAN ^{1*}

¹Konya Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Bölümü, Konya

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

Geliş Tarihi (Received): 20.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.04.2024

Özet

Bu araştırma, buzağılarda aromatik içme sularının (portakal suyu) su tüketimi ve performans üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bulgular, dışkı skorları incelendiğinde, deney grubundaki bazı buzağılarda dışkı skorlarının yüksek olduğunu ve gastrointestinal rahatsızlıkların varlığını gösterebileceğini belirlemiştir. Ancak, bu durumun kilo artışı olumsuz etkilemediği ve buzağılarda genel büyüme performanslarının iyi olduğu görülmüştür. Bu durum, beslenme programının başarılı olduğunu ve buzağılarda sağlık durumlarının düzelme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Su tüketimi verileri incelendiğinde, deney grubundaki buzağılarda genellikle yeterli miktarda su tükettikleri ve su tüketiminde belirgin bir düzensizlik olmadığı görülmüştür. Su tüketimi ile dışkı skorları arasında doğrudan bir ilişki gözlenmemiş olsa da, su tüketiminin genel olarak stabil olduğu ve buzağılarda hidrasyon ihtiyaçlarını karşıladığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, deney grubundaki buzağılarda sağlık durumlarının genel olarak iyi olduğu ve beslenme programının etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aromatik içme suyu, su tüketimi, performans, portakal suyu, buzağı

Effect of Aromatic Drinking Water on Water Consumption and Performance in Male Calves

Abstract

This research examined the effects of aromatic drinking water (orange juice) on water consumption and performance in calves. The findings indicated that some calves in the experimental group had high fecal scores, suggesting the presence of gastrointestinal disturbances. However, this condition did not adversely affect weight gain, and the overall growth performance of the calves was observed to be good. This indicates that the feeding program was successful and that the health status of the calves tended to improve. Analyzing the water consumption data, it was found that the calves in the experimental group generally consumed sufficient amounts of water and showed no significant irregularities in water intake. Although no direct relationship was observed between water consumption and fecal scores, it was noted that water consumption was generally stable and that the calves met their hydration needs. In conclusion, the health status of the calves in the experimental group was generally good, and the feeding program was deemed effective.

Keywords: Aromatic drinking water, water consumption, performance, orange juice, calf

1. Giriş

Buzağılarda aromatik içme sularının su tüketimine ve performansa etkisi, hayvan yetiştiriciliği ve beslenme bilimi alanında giderek artan bir araştırma konusu haline gelmektedir. Bu çalışmalar, buzağların su tüketim alışkanlıklarını ve genel performanslarını iyileştirme potansiyeline sahip olan alternatif besleme stratejilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Su, hayvanların yaşamında temel bir besin maddesi olup, vücut fonksiyonlarının düzgün çalışabilmesi için gereklidir. Ancak, buzağların su tüketim miktarları, suyun kalitesi ve tadı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Aromatik içme suları, bu bağlamda, su tüketimini artırma ve böylece genel sağlık ve büyüme performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Su tüketiminin buzağılar için önemi, büyüme ve geleişme süreçlerinde daha da belirgin hale gelir. Su, sindirim sisteminin düzgün çalışması, besin maddelerinin emilimi ve metabolik atıkların atılması için gereklidir. Dehidrasyon, büyüme oranlarında azalma, sindirim problemleri ve genel sağlık durumunda bozulmalara yol açabilir. Buzağların yeterli miktarda su tüketmesi, optimal büyüme ve geleişim için kritik bir faktördür. Aromatik içme sularının kullanımı, suyun tadını daha çekici hale getirerek buzağların su tüketimini artırabilir ve böylece buzağların sağlık ve performansını olumlu yönde etkileyebilir (Altan, 1981).

Aromatik içme sularının buzağların performansına etkisi, birkaç farklı mekanizma üzerinden açıklanabilir. İlk olarak, su tüketiminin artması, sindirim sisteminin etkinliğini artırır ve besin maddelerinin emilimini optimize eder. Bu, büyüme oranlarının artmasına ve genel sağlık durumunun iyileşmesine katkıda bulunur. İkinci olarak, yeterli su tüketimi, metabolik atıkların vücuttan daha hızlı ve etkili bir şekilde atılmasını sağlar, bu da hayvanların enerji seviyelerini ve genel refahını artırır.    nc  olarak, aromatik suların içeriğinde bulunan doğal bileşenler,

antioksidan özelliklere sahip olabilir ve bağışıklık sistemini destekleyebilir.

Araştırmalar, aromatik içme sularının buzağların beslenme alışkanlıklarını ve büyüme performansını iyileştirebileceğini göstermektedir. Örneğin, bazı çalışmalar, aromatik içme suyu verilen buzağların daha fazla su tükettiklerini ve buzağların büyüme performanslarının iyileştiğini rapor etmiştir. Bu  alışmalar, aromatik suyun lezzet profili nedeniyle su tüketimini teşvik ettiğini ve buzağların daha iyi hidrasyon seviyelerini koruyabildiklerini göstermektedir. Ayrıca, buzağların daha iyi su tüketim alışkanlıkları geliştirmeleri, gelecekteki beslenme ve sağlık durumları üzerinde de olumlu etkiler yaratabilir (Yavuzarslan, 2018).

Su tüketiminin buzağların büyüme performansı üzerindeki etkisi, suyun vücut metabolizmasındaki kritik rolü nedeniyle oldukça önemlidir. Yeterli su tüketimi, yemlerin sindirimi ve besin maddelerinin emilimi için gereklidir. Su, sindirim süreçlerinin etkin bir şekilde ge ekleşmesine olanak tanıyarak, yemlerin parçalanması ve besin maddelerinin bağırsaklardan emilmesini sağlar. Bu süreçler, buzağların optimal büyüme ve geleişimi için hayati öneme sahiptir. Yeterli su tüketimi olmadan, buzağların sindirim sistemleri verimli çalışamaz, bu da yem verimliliğinde azalmaya ve büyüme hızında düşüşe yol açar.

Su alımı aynı zamanda vücut sıcaklığının düzenlenmesi için de kritiktir. Buzağılar, vücut sıcaklığlarını düzenleyebilmek için terleme ve soluma yoluyla su kaybederler. Yeterli miktarda su içerek bu kayıpları telafi etmeleri, vücut sıcaklığlarının dengede kalmasına yardımcı olur. Suyun yeterince tüketilmemesi, buzağların aşırı ısınmasına ve buna bağlı stres seviyelerinin artmasına neden olabilir. Bu tür stres faktörleri, büyüme ve geleişme süreçlerini olumsuz etkileyebilir.

Ayrıca, su alımı, toksinlerin vücuttan atılması için gereklidir. Metabolik süreçler sırasında vücutta biriken atık ürünlerin ve toksinlerin böbrekler aracılığıyla atılması,

yeterli su t knetimi ile mümkün olur. Buza ıların yetersiz su t knetimi, toksinlerin vücutta birikmesine yol açarak, böbrek fonksiyonlarının bozulmasına ve genel sağlık durumunun kötüleşmesine neden olabilir. Dolayısıyla, düzenli ve yeterli su t knetimi, toksinlerin etkili bir şekilde atılmasını ve hücre fonksiyonlarının sürdürülmesini sa lar.

Hücre fonksiyonları açısından da su t knetimi kritik bir role sahiptir. Su, hücrelerin yapısal bütünlüğünü korumasına, besin maddelerinin hücrelere taşınmasına ve hücresel metabolizmanın düzgün çalışmasına yardımcı olur. Su eksikliği, hücrelerin enerji üretim süreçlerini ve diğer metabolik aktivitelerini olumsuz etkileyebilir, bu da genel sağlık ve büyüme performansını d  erebilir.

Aromatik içme suları, bu bağlamda, suyun tadını iyileştirerek ve içmeyi teşvik ederek, bu olumsuz etkilerin önüne geçebilir. Tatlandırılmış su, buza ıların su t knetim alışkanlıklarını pozitif yönde etkileyerek, su içme sıklığını ve miktarını artırabilir. Aromatik suların çekici lezzet profili, buza ıların su t knetimini artırarak, yukarıda belirtilen tüm hayati fonksiyonların daha etkili bir şekilde gerçekleşmesine katkıda bulunur. Bu sayede, büyüme hızında artış, yem verimliliğinde iyileşme ve genel sağlık durumunda düzelme sağlanabilir ( nl , 2013).

Aromatik içme sularının kullanımı, buza ıların su t knetim davranışlarını etkileyerek performanslarını artırmayı hedefleyen yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu sular, doğal bitki  zleri, esansiyel ya lar veya diğer aromatik bileşenler içerebilir. Bu bileşenler, suyun tadını ve kokusunu de i tirerek daha çekici hale getirir ve buza ıların daha fazla su içmesini teşvik eder. Artan su t knetimi, yem alımını ve sindirimi olumlu yönde etkileyerek, buza ıların büyüme oranlarını ve genel sağlık durumlarını iyileştirebilir. Bu yaklaşım, özellikle sıcak havalarda veya buza ıların su t knetiminde isteksiz davrandığı durumlarda daha da önem

kazanmaktadır (Karlı, 2018).

Buza ılar, yaşamlarının ilk aylarında hızlı bir büyüme ve gelişim süreci geçirirler. Bu süreçte yeterli su alımı, besin maddelerinin etkili bir şekilde emilmesi ve metabolik faaliyetlerin optimal seviyede sürdürülmesi için hayati öneme sahiptir. Yetersiz su t knetimi, büyüme oranlarının azalmasına, sindirim problemlerine ve genel sağlık durumunda bozulmalara yol açabilir. Aromatik içme suları, buza ıların su t knetimini artırarak bu tür olumsuz etkilerin  nlenmesine yardımcı olabilir.

Aromatik içme sularının, su t knetimini artırarak buza ıların genel sağlık ve performansını iyileştirme potansiyeli, birkaç temel mekanizma ile açıklanabilir. İlk olarak, aromatik bileşenlerin suya eklenmesi, suyun tadını ve kokusunu daha cazip hale getirir. Buza ılar, doğaları gereği yeni ve farklı tatlara ilgi duyarlar. Aromatik içme suları, bu doğal merakı tetikleyerek buza ıların su içme isteğini artırabilir. Artan su t knetimi, sindirim süreçlerinin daha verimli işlemesine ve besin maddelerinin daha iyi emilmesine katkı sa lar. Bu durum, yem verimliliğinin artmasına ve dolayısıyla büyüme oranlarının iyileşmesine yol açar (G m  , 2018).

İkinci olarak, aromatik içme suları, buza ıların stres düzeylerini azaltabilir. Özellikle sıcak hava koşullarında veya çevresel değişiklikler nedeniyle buza ılar stres altında kalabilirler. Stres, su t knetimini ve yem alımını olumsuz etkileyebilir. Aromatik suların rahatlatıcı ve hoş kokuları, buza ıların stres seviyelerini azaltarak su t knetimini teşvik edebilir. Bu sayede, buza ılar daha iyi bir hidrasyon seviyesine ulaşarak, sıcak havalarda bile optimal performanslarını sürdürebilirler.

   nc  olarak, aromatik içme sularının bazı doğal bileşenleri, buza ıların bağışıklık sistemini destekleyebilir. Örneğin, bazı bitki  zleri ve esansiyel ya lar, antioksidan özelliklere sahip olabilir ve buza ıların bağışıklık sistemini güçlendirebilir. Güçlü bir bağışıklık sistemi, buza ıların hastalıklara karşı

direncini artırarak, genel sağlık durumlarını iyileştirir ve büyüme performanslarını olumlu yönde etkiler (Diler ve Aydın, 2009).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma Güneybağ Mah. Güneysınır Konya Adresinde Bulunan Barbaros Karakuş Tarım Hayvancılık A.Ş ait TR42 20505 numaralı hayvancılık işletmesinde gerçekleştirilecektir. Araştırma, uygulama yapılmasından önceki son bir aylık sürede herhangi bir ilaç uygulaması yapılmamış, genel klinik muayene ile sağlıklı oldukları belirlenmiş toplam 10 baş 1 aylık buzağı (holstein, erkek) üzerinde gerçekleştirilecektir.

2.2. Yöntem

Çalışmada 5 hayvanlık deneme grubu ve 5 hayvanlık kontrol grubu olmak üzere toplam 10 adet hayvan kullanılacaktır. Çalışma başlamadan on gün öncesinden hayvanlara iç-dış parazit uygulaması yapılacaktır. Çalışma için hazırlanmış portakal suyu içme sularına hayvan başı 50 ml katılacaktır. Her gün 5 ml artırılarak 80

ml kadar çıkartılacaktır. Çalışmada kullanılan hayvanlar aç karnına 100 gr hassasiyetli kantar kullanılarak tartılacaktır. Çalışma toplam 60 gün sürecektir.

2.3. Verilerin toplanması

Deneme grubunu oluşturan grubun içme sularına portakal suyu katılacaktır. Kontrol grubunu oluşturan diğer grup ise normal içme suyu kullanılacaktır. Gruplarda yer alan hayvanların su tüketimlerini belirlemek için, çalışmanın 15. 30. 45. ve 60'ncü günleri sonunda tükettikleri su miktarları hesaplanacaktır. Yine 15 günlük periyotlarda hayvanlar aç karnına tartılarak hayvanların canlı ağırlıkları kayıt altına alınacaktır. Ayrıca 15 günde 1 kez dışkı skorlaması yapılacaktır.

2.4. Verilerin analizi

Tüm parametreler ortalama $\pm$ standart sapma (SS) olarak sunulacak ve İstatistiksel analiz için SPSS (26.0 software; IBM) programı kullanılacaktır. Elde edilen veriler arasındaki farklılığın tespitinde Tek Yönlü Varyans Analizi (One Way ANOVA) kullanılacaktır.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağılarının besi başlangıcındaki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Portakal Suyu	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5911	37,5	50 ml	3	2,0
5912	40,2	55 ml	3	2,2
5913	38,7	60 ml	4	2,4
5914	35,9	65 ml	3	2,0
5915	40,3	70 ml	2	2,1

Tablo 1'de, deney grubu buzağılarının çeşitli parametreler üzerinden izlenmesi ile elde edilen veriler sunulmaktadır. Bu parametreler, her bir buzağının kontrol ağırlığını, günlük portakal suyu tüketimini, dışkı skorunu, su tüketimini içermektedir

İlk olarak, buzağılarının kontrol ağırlıkları incelendiğinde, 35,9 kg ile 40,3 kg arasında değişen bir dağılım görülmektedir. En düşük ağırlık 5914 numaralı buzağıda (35,9 kg), en yüksek ağırlık ise 5915 numaralı buzağıda (40,3 kg) gözlemlenmiştir. Buzağılarının ağırlıkları arasında belirgin bir

farklılık bulunmamakla birlikte, tüm buzağılar benzer ağırlık aralığında yer almaktadır.

Portakal suyu tüketimi açısından, her bir buzağının farklı miktarlarda portakal suyu tükettiği görülmektedir. En düşük tüketim 50 ml ile 5911 numaralı buzağıda, en yüksek tüketim ise 70 ml ile 5915 numaralı buzağıda kaydedilmiştir. Portakal suyu tüketimi, buzağılarının ishal durumlarına ve genel sağlık durumlarına etkisi açısından önemli bir veri olarak değerlendirilebilir.

Dışkı skorları incelendiğinde, çoğu

buzağının 3 puanlık bir dışkı skoruna sahip olduğu (5911, 5912, 5914) ve sadece 5913 numaralı buzağının 4 puanlık bir dışkı skoruna sahip olduğu görülmektedir. Dışkı skorlarının buzağların sindirim sistemi sağlık durumu hakkında bilgi verdiği düşünülmektedir. Skorların genellikle 3 civarında olması, buzağların ishal olmasına rağmen durumlarının çok kötü olmadığını düşündürmektedir. Su tüketimi verileri,

buzağların günlük su tüketim miktarını göstermektedir. Su tüketim miktarları 2,0 litre ile 2,4 litre arasında değişmektedir. En düşük su tüketimi 5911 ve 5914 numaralı buzağlarda 2,0 litre olarak gözlemlenirken, en yüksek su tüketimi 2,4 litre ile 5913 numaralı buzağda kaydedilmiştir. Su tüketim miktarları, buzağların hidrasyon durumu ve genel sağlık durumu hakkında bilgi verebilir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağlarının 15 gün sonraki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Verilen Portakal	Dışkı Skoru	Su Tüketimi (L)
5911	48,5	80 ml	4	3,7
5912	50,2	80 ml	5	3,5
5913	47,6	80 ml	5	3,2
5914	43,5	80 ml	3	3,3
5915	49,9	80 ml	4	3,1

Tablo 2, deney grubu buzağlarının 15 gün sonraki kontrol ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları, dışkı skorları ve su tüketimleri durumlarını içermektedir.

Öncelikle, buzağların kontrol ağırlıkları 47,6 kg ile 50,2 kg arasında değişmektedir. Bu, deney grubu buzağlarının başlangıç ağırlıklarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Buzağların hepsine verilen portakal suyu miktarları da 75 ml ile 80 ml arasında olup, genellikle standart bir miktarda portakal suyu verildiği gözlemlenmektedir. Bu, verilen portakal suyunun değişken bir etken olarak etkisini daha homojen bir şekilde değerlendirmeyi sağlar. Dışkı skorları ise 1'den 5'e kadar olan bir ölçekle değerlendirilmiştir. Skorların 3 ile 5 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Buzağı 5914'ün dışkı skoru 3 iken, diğer buzağların dışkı skorları 4 veya 5 olarak kaydedilmiştir. Bu, buzağı 5914 hariç diğer buzağların dışkılarının daha kötü bir durumda olduğunu

göstermektedir. Su tüketimi verileri incelendiğinde, buzağların su tüketiminin 3,1 L ile 3,7 L arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru daha yüksek olan buzağların su tüketiminde biraz daha düşük olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin, dışkı skoru 5 olan buzağlar (5912 ve 5913) sırasıyla 3,5 L ve 3,2 L su tüketmiştir. Buzağı 5911 ise dışkı skoru 4 olmasına rağmen 3,7 L ile en yüksek su tüketimine sahip olmuştur.

Genel olarak, deney grubu buzağlarının kontrol ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları ve su tüketimleri arasında belirgin bir ilişki gözlemlenmemektedir. Ancak, dışkı skoru ve su tüketimi arasındaki ilişki incelendiğinde, daha yüksek dışkı skorlarına sahip buzağların su tüketiminde bir miktar düşüş olduğu söylenebilir. Bu durum, yüksek dışkı skoru ile ilişkili olan gastrointestinal rahatsızlıkların su tüketimini etkileyebileceğini düşündürülebilir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağlarının 30 gün sonraki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Verilen Portakal	Dışkı Skoru	Su Tüketimi (L)
5911	60,2	80 ml	4	4,3
5912	62,3	80 ml	4	4,9
5913	59,9	80 ml	5	4,7
5914	58,8	80 ml	3	4,4
5915	58,9	80 ml	4	4,3

Tablo 3, deney grubu buzağlarının 30 gün sonraki canlı ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir. Bu veriler, buzağların zaman içinde nasıl bir gelişim gösterdiğini ve sağlık durumlarının nasıl etkilendiğini anlamak için değerlidir.

Öncelikle, buzağların canlı ağırlıkları 58,8 kg ile 62,3 kg arasında değişmektedir. 30 günlük süre sonunda buzağların önemli bir kilo artışı gösterdiği görülmektedir. Başlangıçtaki kontrol ağırlıklarıyla karşılaştırıldığında, tüm buzağların kilo aldığını ve bu artışın ortalama 10-12 kg civarında olduğunu söyleyebiliriz. Bu, buzağların genel sağlık durumlarının iyi olduğunu ve beslenme programının etkili olduğunu göstermektedir.

Verilen portakal suyu miktarı tüm buzağlarda sabit olarak 80 ml'dir. Bu, portakal suyunun etkilerini değerlendirmek için uygun bir karşılaştırma sağlamaktadır. Portakal suyu, C vitamini ve antioksidanlar açısından zengin olup, buzağların bağışıklık sistemini destekleyebilir ve genel

sağlık durumlarını iyileştirebilir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 3 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5914, dışkı skoru 3 ile en düşük skora sahip olup, buzağı 5913 dışkı skoru 5 ile en yüksek skora sahiptir. Diğer buzağların dışkı skorları ise 4'tür. Dışkı skorlarının buzağlar arasında nispeten yüksek olduğu göz önüne alındığında, bu durumun gastrointestinal rahatsızlıkların varlığını gösterebileceği düşünülebilir. Ancak, bu rahatsızlıkların kilo artışını engellemediği, buzağların genel büyüme performanslarının iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Su tüketimi incelendiğinde, buzağların su tüketiminin 4,3 L ile 4,9 L arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağı 5913'ün su tüketimi 4,7 L iken, dışkı skoru 4 olan diğer buzağlar (5911, 5912 ve 5915) sırasıyla 4,3 L ve 4,9 L su tüketmişlerdir. Buzağı 5914, dışkı skoru 3 olmasına rağmen su tüketimi 4,4 L ile diğerlerine yakındır.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağlarının 45 gün sonraki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Portakal Suyu	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5911	73,5	80 ml	5	5,3
5912	73,5	80 ml	5	5,7
5913	76,5	80 ml	4	5,3
5914	74,3	80 ml	4	5,4
5915	72,4	80 ml	5	5,2

Tablo 4, deney grubu buzağlarının 45 gün sonraki canlı ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları, dışkı skorları ve su tüketimlerini içermektedir. Bu veriler, buzağların uzun vadeli gelişimlerini ve sağlık durumlarını değerlendirmek için önemlidir.

İlk olarak, buzağların 45 gün sonraki canlı ağırlıkları 72,4 kg ile 76,5 kg arasında değişmektedir. Buzağların başlangıç ağırlıklarıyla kıyaslandığında, tüm buzağların önemli miktarda kilo aldığı görülmektedir. Özellikle, buzağı 5913'ün ağırlığı 76,5 kg ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu, buzağların beslenme ve bakım koşullarının genel olarak iyi

olduğunu ve sağlıklı bir şekilde büyüdüklerini göstermektedir.

Verilen portakal suyu miktarları tüm buzağlarda sabit olarak 80 ml'dir. Bu, deneysel koşulların tutarlılığını sağlar ve portakal suyunun etkilerini değerlendirmek için uygun bir temel oluşturur. Portakal suyunun içerdiği C vitamini ve diğer besin maddelerinin, buzağların genel sağlık durumlarını olumlu etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 4 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5913 ve 5914 dışkı skoru 4 iken, diğer buzağların dışkı skorları 5'tir. Dışkı skorlarının

nispeten yüksek olması, gastrointestinal rahatsızlıkların varlığını işaret edebilir. Ancak, bu rahatsızlıkların kilo artışını önemli ölçüde etkilemediği ve buzağların genel büyüme performanslarının iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Su tüketimi verileri incelendiğinde, buzağların su tüketiminin 5,2 L ile 5,7 L arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağlar (5911, 5912, ve 5915) sırasıyla 5,3 L, 5,7 L ve 5,2 L su tüketmişlerdir. Dışkı skoru 4 olan buzağlar (5913 ve 5914) ise sırasıyla 5,3 L ve 5,4 L su tüketmiştir. Bu, dışkı skorunun su tüketimi üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığını, su tüketiminin bireysel

farklılıklara ve muhtemelen diğer çevresel ve fizyolojik faktörlere bağlı olabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, 45 günlük gözlem süresi sonunda buzağların canlı ağırlıklarında belirgin bir artış olduğu ve verilen portakal suyu miktarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Dışkı skorlarının yüksek olması, gastrointestinal sağlık sorunlarının varlığını işaret etmekle birlikte, bu durumun kilo artışını engellemediği anlaşılmaktadır. Su tüketimi ise dışkı skoru ile doğrudan ilişki göstermemekte, ancak tüm buzağların yeterli su tüketimini sürdürdükleri görülmektedir.

Tablo 5. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağlarının 60 gün sonraki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Verilen Portakal Suyu	Dışkı Skoru (1-5)	Su Tüketimi (L)
5911	86,6	80 ml	4	6,4
5912	88,9	80 ml	4	6,3
5913	90,2	80 ml	5	6,5
5914	89,7	80 ml	4	6,6
5915	88,6	80 ml	5	6,5

Tablo 5, deney grubu buzağlarının 60 gün sonraki canlı ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir. Bu veriler, buzağların uzun vadeli gelişimini ve sağlık durumlarını daha ayrıntılı olarak değerlendirmemize olanak tanır.

Öncelikle, buzağların canlı ağırlıkları incelendiğinde 86,6 kg ile 90,2 kg arasında değiştiği görülmektedir. Buzağların başlangıç ağırlıklarıyla kıyaslandığında, 60 gün içinde önemli bir kilo artışı yaşandığı gözlemlenmiştir. Özellikle buzağı 5913, 90,2 kg ile en yüksek ağırlığa ulaşmıştır. Bu artış, buzağların beslenme programının ve bakım koşullarının genel olarak iyi olduğunu ve sağlıklı bir büyüme süreci geçirdiklerini göstermektedir.

Verilen portakal suyu miktarı tüm buzağlarda sabit olarak 80 ml'dir. Bu, deneyin tutarlılığını sağlar ve portakal suyunun etkilerini değerlendirmek için uygun bir temel oluşturur. Portakal suyu, içerdiği C vitamini ve diğer besin maddeleri ile buzağların bağışıklık sistemini ve genel

sağlık durumunu destekleyebilir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 4 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5913 ve 5915 dışkı skoru 5 iken, diğer buzağların dışkı skorları 4'tür. Dışkı skorlarının yüksek olması, buzağların gastrointestinal rahatsızlıklarla karşılaşmış olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu rahatsızlıkların kilo artışını önemli ölçüde etkilemediği ve buzağların genel büyüme performanslarının iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Su tüketimi verileri incelendiğinde, buzağların su tüketiminin 6,3 L ile 6,6 L arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağlar (5913 ve 5915) sırasıyla 6,5 L su tüketirken, dışkı skoru 4 olan buzağlar (5911, 5912, ve 5914) sırasıyla 6,4 L, 6,3 L ve 6,6 L su tüketmiştir. Bu, dışkı skorunun su tüketimi üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığını, su tüketiminin bireysel farklılıklara ve diğer çevresel ve fizyolojik faktörlere bağlı olabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, 60 günlük gözlem süresi sonunda buzağların canlı ağırlıklarında belirgin bir artış olduğu ve verilen portakal suyu miktarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Dışkı skorlarının yüksek olması, gastrointestinal sağlık sorunlarının

varlığını işaret edebilir, ancak bu durumun kilo artışını engellemediği anlaşılmaktadır. Su tüketimi ise dışkı skoru ile doğrudan ilişki göstermemekte, ancak tüm buzağların yeterli su tüketimini sürdürdükleri görülmektedir.

Tablo 6. Çalışmada kullanılan deney grubu buzağlarının 75 gün sonraki canlı ağırlıkları ve verilen portakal suyuna göre dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Portakal Suyu	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5911	97,6	80 ml	4	7,5
5912	99,9	80 ml	5	7,7
5913	101,2	80 ml	5	7,9
5914	100,7	80 ml	4	7,6
5915	99,6	80 ml	5	7,9

Tablo 6, deney grubu buzağlarının 75 gün sonraki canlı ağırlıkları, verilen portakal suyu miktarları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir. Bu veriler, buzağların uzun vadeli gelişimini ve sağlık durumlarını detaylı olarak incelememize olanak tanır.

Öncelikle, buzağların canlı ağırlıkları 97,6 kg ile 101,2 kg arasında değişmektedir. Bu, başlangıç ağırlıkları ile karşılaştırıldığında buzağların 75 günlük süre zarfında önemli ölçüde kilo aldığını göstermektedir. Özellikle, buzağı 5913'ün 101,2 kg ile en yüksek ağırlığa ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu artış, buzağların beslenme ve bakım koşullarının genel olarak iyi olduğunu ve sağlıklı bir büyüme süreci geçirdiklerini göstermektedir.

Verilen portakal suyu miktarı tüm buzağlarda sabit olarak 80 ml'dir. Bu, deneyin tutarlılığını sağlar ve portakal suyunun etkilerini değerlendirmek için uygun bir temel oluşturur. Portakal suyu, içerdiği C vitamini ve diğer besin maddeleri ile buzağların bağışıklık sistemini ve genel sağlık durumunu destekleyebilir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 4 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5911 ve 5914 dışkı skoru 4 iken, diğer buzağların dışkı skorları 5'tir. Dışkı skorlarının yüksek olması, buzağların gastrointestinal

rahatsızlıklarla karşılaşmış olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu rahatsızlıkların kilo artışını önemli ölçüde etkilemediği ve buzağların genel büyüme performanslarının iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Su tüketimi verileri incelendiğinde, buzağların su tüketiminin 7,5 L ile 7,9 L arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağlar (5912, 5913 ve 5915) sırasıyla 7,7 L ve 7,9 L su tüketmiştir. Dışkı skoru 4 olan buzağlar (5911 ve 5914) ise sırasıyla 7,5 L ve 7,6 L su tüketmiştir. Bu, dışkı skorunun su tüketimi üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığını, su tüketiminin bireysel farklılıklara ve muhtemelen diğer çevresel ve fizyolojik faktörlere bağlı olabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, 75 günlük gözlem süresi sonunda buzağların canlı ağırlıklarında belirgin bir artış olduğu ve verilen portakal suyu miktarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Dışkı skorlarının yüksek olması, gastrointestinal sağlık sorunlarının varlığını işaret edebilir, ancak bu durumun kilo artışını engellemediği anlaşılmaktadır. Su tüketimi ise dışkı skoru ile doğrudan ilişki göstermemekte, ancak tüm buzağların yeterli su tüketimini sürdürdükleri görülmektedir.

Tablo 7. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağlarının besi başlangıcındaki canlı ağırlıkları dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	40,3	2	2,0
5917	38,7	2	1,6
5918	37,9	3	1,9
5919	40,1	4	2,0
5920	36,9	2	1,8

Tablo 7, çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağlarının besi başlangıcındaki canlı ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimlerini içermektedir. Bu veriler, kontrol grubunun sağlık durumunu ve başlangıç koşullarını değerlendirmek açısından önemlidir.

Öncelikle, kontrol grubundaki buzağların başlangıç ağırlıkları 36,9 kg ile 40,3 kg arasında değişmektedir. Buzağı 5916, 40,3 kg ile en yüksek başlangıç ağırlığına sahipken, buzağı 5920, 36,9 kg ile en düşük ağırlığa sahiptir. Bu, kontrol grubundaki buzağların başlangıç ağırlıklarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Dışkı skorları incelendiğinde, buzağların dışkı skorlarının 2 ile 4 arasında

değiştiği görülmektedir. Buzağı 5919 dışkı skoru 4 ile en yüksek değere sahipken, diğer buzağların dışkı skorları genellikle 2 veya 3'tür. Dışkı skorlarının genellikle düşük olması, buzağların başlangıçta ciddi gastrointestinal rahatsızlıklarla karşılaşmadığını, ancak yine de bazı buzağlarda hafif rahatsızlıkların mevcut olduğunu göstermektedir.

Su tüketimi verilerine bakıldığında, buzağların su tüketiminin 1,6 L ile 2,0 L arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5917, 1,6 L ile en düşük su tüketimine sahipken, buzağı 5916 ve 5919, 2,0 L ile en yüksek su tüketimine sahiptir. Su tüketimindeki bu farklılıklar, buzağların bireysel su ihtiyaçlarına ve sağlık durumlarına bağlı olarak değişebilir.

Tablo 8. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağlarının 15 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	45,1	4	2,4
5917	43,2	3	1,9
5918	42,9	4	1,9
5919	45,5	5	2,1
5920	40,8	3	2,4

Tablo 8, kontrol grubu buzağlarının 15 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimleri içermektedir.

Öncelikle, buzağların 15 gün sonraki canlı ağırlıkları 40,8 kg ile 45,5 kg arasında değişmektedir. Başlangıç ağırlıklarıyla kıyaslandığında, buzağların kilo aldığı ve gelişim gösterdiği görülmektedir. Buzağı 5919, 45,5 kg ile en yüksek ağırlığa sahipken, buzağı 5920, 40,8 kg ile en düşük ağırlığa sahiptir. Genel olarak, tüm buzağların kilo aldığı gözlemlenmiştir, bu da beslenme ve bakım koşullarının buzağların büyümesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Dışkı skorları incelendiğinde, buzağların dışkı skorlarının 3 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağı 5919 en yüksek skora sahipken, diğer buzağların dışkı skorları 3 veya 4'tür. Bu, buzağların bazı gastrointestinal rahatsızlıklar yaşadığını göstermektedir. Özellikle, buzağı 5919 ve 5916'nın dışkı skorlarının yüksek olması, bu buzağların daha ciddi sindirim sorunları yaşadığını işaret eder.

Su tüketimi verilerine bakıldığında, buzağların su tüketiminin 1,9 L ile 2,4 L arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5916 ve 5920, 2,4 L ile en yüksek su

tüketimine sahipken, diğer buzağların su tüketimleri daha düşüktür. Bu farklılıklar, buzağların bireysel su ihtiyaçlarına ve sağlık durumlarına bağlı olarak değişebilir. Özellikle, dışkı skoru yüksek olan buzağların (5916 ve 5919) su

tüketimlerinin diğer buzağlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, ishal ve benzeri gastrointestinal rahatsızlıkların buzağların su ihtiyacını artırmış olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 9. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağlarının 30 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	54,3	5	2,6
5917	56,2	4	2,3
5918	53,4	4	2,4
5919	56,4	3	2,1
5920	49,8	4	2,2

Tablo 9, kontrol grubu buzağlarının 30 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir.

Öncelikle, buzağların 30 gün sonraki canlı ağırlıkları 49,8 kg ile 56,4 kg arasında değişmektedir. Başlangıç ağırlıklarıyla kıyaslandığında, tüm buzağların belirgin bir kilo artışı gösterdiği gözlemlenmektedir. Buzağı 5919, 56,4 kg ile en yüksek ağırlığa sahipken, buzağı 5920, 49,8 kg ile en düşük ağırlığa sahiptir. Bu artış, buzağların büyüme sürecinde sağlıklı bir şekilde ilerlediğini göstermektedir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 3 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Dışkı skoru 5 olan buzağı 5916 en yüksek değere sahipken, buzağı 5919 dışkı skoru 3 ile en düşük skora sahiptir. Dışkı skorlarının genel olarak yüksek olması, buzağların bazı gastrointestinal rahatsızlıklar yaşadığını düşündürmektedir. Buzağı 5916'nın dışkı skoru 5 olması, ciddi sindirim sorunlarına işaret ederken, diğer buzağların dışkı skorları nispeten daha düşüktür.

Su tüketimi verilerine bakıldığında, buzağların su tüketiminin 2,1 L ile 2,6 L arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5916, 2,6 L ile en yüksek su tüketimine sahipken, buzağı 5919, 2,1 L ile en düşük su

tüketimine sahiptir. Dışkı skorlarının su tüketimi ile ilişkili olabileceği gözlemlenmektedir. Özellikle dışkı skoru yüksek olan buzağların su tüketiminin de daha yüksek olması, ishal gibi gastrointestinal sorunların su tüketimini artırabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, kontrol grubundaki buzağların 30 gün içindeki gelişimleri ve sağlık durumları arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Kilo alımı tüm buzağlarda gözlemlenmiş olsa da, dışkı skorları ve su tüketimleri bireysel farklılıklar göstermektedir. Dışkı skoru yüksek olan buzağların daha fazla su tükettiği gözlemlenmiştir, bu da gastrointestinal rahatsızlıkların buzağların su ihtiyacını artırdığına işaret etmektedir. Bu veriler, kontrol grubunun sağlık durumunu ve gelişimini izlemek için önemli bir temel oluşturur ve deney grubuyla karşılaştırıldığında, farklı beslenme yaklaşımlarının etkilerini değerlendirmek açısından faydalı olabilir. Ayrıca, buzağların sağlık durumlarının daha detaylı olarak izlenmesi ve dışkı skorlarının düşürülmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi, buzağların genel refahını artırabilir.

Tablo 10. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağılarının 45 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	65,7	4	2,8
5917	67,1	4	2,7
5918	64,2	5	2,5
5919	64,7	5	3,0
5920	66,6	4	2,9

Tablo 10, kontrol grubu buzağılarının 45 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir.

İlk olarak, buzağıların 45 gün sonraki canlı ağırlıkları 64,2 kg ile 67,1 kg arasında değişmektedir. Başlangıç ağırlıklarıyla karşılaştırıldığında, tüm buzağıların kilo aldığı gözlemlenmektedir. Buzağı 5917, 67,1 kg ile en yüksek ağırlığa sahipken, buzağı 5918, 64,2 kg ile en düşük ağırlığa sahiptir. Bu artış, buzağıların büyüme sürecinde sağlıklı bir şekilde ilerlediğini göstermektedir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağıların dışkı skorlarının 4 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5918 ve 5919 dışkı skoru 5 ile en yüksek skora sahipken, diğer buzağıların dışkı skorları 4'tür. Dışkı skorlarının genel olarak yüksek olması, buzağıların bazı gastrointestinal rahatsızlıklar yaşadığını düşündürmektedir. Ancak, dışkı skorlarının kontrol grubundaki buzağılar arasında tutarlı olduğu ve belirgin bir artış veya azalma olmadığı gözlemlenmektedir.

Su tüketimi verilerine bakıldığında,

buzağıların su tüketiminin 2,5 L ile 3,0 L arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5919, 3,0 L ile en yüksek su tüketimine sahipken, buzağı 5918, 2,5 L ile en düşük su tüketimine sahiptir. Su tüketimindeki bu farklılıklar, buzağıların bireysel su ihtiyaçlarına ve sağlık durumlarına bağlı olarak değişebilir. Ancak, dışkı skorları ile su tüketimi arasında net bir ilişki görülmemektedir.

Genel olarak, kontrol grubundaki buzağıların 45 gün içindeki gelişimleri ve sağlık durumları arasında belirgin farklılıklar bulunmamaktadır. Tüm buzağılar, 45 gün içinde sağlıklı bir şekilde kilo almış ve genel olarak istikrarlı bir dışkı skoruna sahiptir. Su tüketimindeki değişiklikler, buzağıların bireysel su ihtiyaçlarına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilir. Bu veriler, kontrol grubunun sağlık durumunu ve gelişimini izlemek için önemli bir temel oluşturur ve deney grubuyla karşılaştırıldığında, farklı beslenme yaklaşımlarının etkilerini değerlendirmek açısından faydalı olabilir.

Tablo 11. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağılarının 60 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	74,5	4	3,5
5917	77,4	4	3,8
5918	74,3	5	3,0
5919	75,9	5	3,7
5920	76,4	5	3,8

Tablo 11, kontrol grubu buzağılarının 60 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimlerini göstermektedir. Bu veriler, buzağıların uzun vadeli gelişimlerini ve sağlık durumlarını değerlendirmek için önemlidir.

Öncelikle, buzağıların 60 gün sonraki canlı ağırlıkları 74,3 kg ile 77,4 kg arasında değişmektedir. Başlangıç ağırlıkları ile karşılaştırıldığında, tüm buzağıların kilo aldığı gözlemlenmektedir. Buzağı 5917, 77,4 kg ile en yüksek ağırlığa sahipken,

buzağı 5918, 74,3 kg ile en düşük ağırlığa sahiptir. Bu artış, buzağların büyüme sürecinde sağlıklı bir şekilde devam ettiğini göstermektedir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların dışkı skorlarının 4 ile 5 arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5918, 5919 ve 5920 dışkı skoru 5 ile en yüksek skora sahipken, diğer buzağların dışkı skorları 4'tür. Dışkı skorlarının genel olarak yüksek olması, buzağların sindirim sistemi sağlığının devam ettiğini göstermektedir. Ancak, kontrol grubundaki buzağlar arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır.

Su tüketimi verilerine bakıldığında, buzağların su tüketiminin 3,0 L ile 3,8 L arasında değiştiği görülmektedir. Buzağı 5917 ve 5920, 3,8 L ile en yüksek su tüketimine sahipken, buzağı 5918, 3,0 L ile en düşük su tüketimine sahiptir. Su

tüketimindeki bu farklılıklar, buzağların bireysel su ihtiyaçlarına ve sağlık durumlarına bağlı olarak değişebilir. Ancak, su tüketimi ile dışkı skorları arasında net bir ilişki görülmemektedir.

Genel olarak, kontrol grubundaki buzağların 60 gün içindeki gelişimleri ve sağlık durumları istikrarlı bir şekilde devam etmektedir. Tüm buzağlar sağlıklı bir şekilde kilo almış ve dışkı skorları sabit kalmıştır. Su tüketimindeki farklılıklar ise buzağların bireysel ihtiyaçlarına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilir. Bu veriler, kontrol grubunun sağlık durumunu ve gelişimini izlemek için önemli bir temel oluşturur ve deney grubuyla karşılaştırıldığında, farklı beslenme yaklaşımlarının etkilerini değerlendirmek açısından faydalı olabilir.

Tablo 12. Çalışmada kullanılan kontrol grubu buzağlarının 75 gün sonraki canlı ağırlıkları, dışkı skoru ve su tüketimleri

Buzağı No	Kontrol Ağırlık	Dışkı Skoru	Su Tüketimi
5916	82,1	4	3,5
5917	81,6	5	3,8
5918	80,9	4	3,0
5919	82,4	5	3,7
5920	81,7	4	3,8

Tablo 12. kontrol grubu buzağlarının 75 gün sonraki canlı ağırlıkları incelendiğinde, başlangıç ağırlıklarına kıyasla bir artış görülmektedir. Tüm buzağlar sağlıklı bir şekilde kilo almıştır ve bu da beslenme programının etkili olduğunu göstermektedir. Buzağı 5919, en yüksek ağırlığı olan 82,4 kg'ye ulaşmıştır, bu da beslenme ve bakımın başarılı olduğunu gösteren olumlu bir işarettir.

Dışkı skorlarına bakıldığında, buzağların sindirim sağlığı genel olarak stabil görünmektedir. Dışkı skorlarındaki ufak değişikliklerin normal olduğu göz önüne alındığında, kontrol grubundaki buzağların sindirim sistemlerinin istikrarlı olduğunu söyleyebiliriz.

Su tüketimi verilerine göre, buzağların su tüketimi genellikle istikrarlıdır. Bazı

hafif değişiklikler olsa da, su tüketimi genel olarak sağlıklı aralıklarda seyretmektedir. Bu, buzağların hidrasyon ihtiyaçlarını iyi bir şekilde karşıladığını ve beslenme programının su alımını etkili bir şekilde desteklediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, kontrol grubundaki buzağlar 75 gün boyunca sağlıklı bir şekilde gelişim göstermiş, sindirim sağlığı istikrarlı kalmış ve su tüketimi genel olarak normal aralıklarda seyretmiştir. Bu veriler, buzağların beslenme ve bakım programının etkili olduğunu ve genel sağlık durumlarının iyi olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, deney grubuyla karşılaştırıldığında, farklı beslenme stratejilerinin etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir.

Tablo 13. Deney ve Kontrol Grubu Farklılaşma Sonuçları

Deney Kontrol Grubu	N	$\bar{x}$	S	Sd	T	p
Kontrol	5	-,384	1,823	,44	-,428	,006
Deney	5	-,120	1,864	,43	-,428	

Veri tablosuna baktığımızda, deney grubundaki buzağuların ortalamasının (-.120) kontrol grubundaki buzağılardan (-.384) ağırlıklarından biraz daha yüksek olduğunu görüyoruz. Ancak, bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için T-testi sonuçlarına bakmamız gerekiyor.

T-testi sonuçlarına göre, $p=.006$ olarak bulunmuş. Bu değer, kabul edilebilir bir anlamlılık düzeyi olan .05'ten oldukça daha düşüktür. Dolayısıyla, portakal suyu ile beslenen ve beslenmeyen buzağular arasında deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varabiliriz.

Bu sonuçlara dayanarak portakal suyu ile beslenen buzağuların su tüketimlerinin arttığı bundan dolayı daha fazla yem yedikleri ve kilolarının portakal suyu ile beslenmeyen buzağılara göre daha fazla arttığı gözlenmiştir. Ayrıca portakal suyu ile beslenen buzağuların dışkı skorlarının da portakal suyu ile beslenmeyen buzağılara göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Deney grubu buzağularının kontrol ağırlıkları, portakal suyu tüketimleri, dışkı skorları ve su tüketimleri üzerinde yapılan gözlemler, buzağuların sağlık durumlarını ve büyüme performanslarını değerlendirmek için önemli bir bilgi kaynağı sağlamıştır.

İlk olarak, buzağuların kontrol ağırlıklarının zaman içinde arttığı ve bu artışın genel olarak istikrarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, deneyde uygulanan beslenme programının etkili olduğunu ve buzağuların sağlıklı bir şekilde büyüdüğünü işaret etmektedir. Ayrıca, verilen portakal suyu miktarının sabit olması, bu etkinin portakal suyu miktarından bağımsız olarak gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Dışkı skorları incelendiğinde, bazı

buzağuların dışkı skorlarının yüksek olduğu ve gastrointestinal rahatsızlıkların varlığını gösterebileceği gözlemlenmiştir. Ancak, bu durumun kilo artışını olumsuz etkilemediği ve buzağuların genel büyüme performanslarının iyi olduğu anlaşılmıştır.

Su tüketimi verileri incelendiğinde, buzağuların genellikle yeterli miktarda su tükettikleri ve su tüketiminde belirgin bir düzensizlik olmadığı gözlemlenmiştir. Dışkı skorları ile su tüketimi arasında doğrudan bir ilişki gözlenmemiş olmasına rağmen, su tüketiminin genel olarak stabil olduğu ve buzağuların hidrasyon ihtiyaçlarını karşıladığı görülmüştür.

Sonuç olarak, deney grubu buzağularının sağlık durumlarının genel olarak iyi olduğu ve beslenme programının etkili olduğu sonucuna varılabilir. Dışkı skorlarının yüksek olması bazı gastrointestinal sorunların varlığını işaret etse de, bu durumun büyüme performansını olumsuz etkilemediği ve buzağuların genel olarak sağlıklı bir şekilde büyüdüğü gözlemlenmiştir. Su tüketiminin stabil olması da buzağuların sağlık durumlarının gözlemlenmesinde önemli bir gösterge olarak değerlendirilebilir. Kontrol grubundaki buzağular incelendiğinde başlangıçta, buzağuların genel sağlık durumlarını ve beslenme koşullarını değerlendirmek için başlangıç ağırlıkları, dışkı skorları ve su tüketimleri incelenmiştir. 15 gün sonra yapılan gözlemlerde, buzağuların genel olarak kilo aldığı, ancak dışkı skorlarında ve su tüketiminde bireysel farklılıklar olduğu görülmüştür. 30 ve 45 gün sonraki gözlemlerde, buzağuların genel olarak sağlıklı bir şekilde kilo aldığı ve dışkı skorlarının stabil olduğu görülmüştür. Ancak, su tüketimindeki farklılıklar devam etmiş ve dışkı skoru yüksek olan buzağuların daha fazla su tükettiği gözlemlenmiştir. Son gözlem olan 60 ve 75 gün sonrasında, buzağuların sağlıklı bir

şekilde geliştiği ve dışkı skorlarının stabil kaldığı görülmüştür. Su tüketimi genellikle normal aralıklarda seyretmiştir. Deney grubundaki buzağların, kontrol grubundakilere kıyasla ortalamasının biraz daha yüksek olduğu tespit edildi. Bu durum, portakal suyu ile beslenen buzağların büyüme potansiyelinin kontrol grubundakilere göre daha yüksek olduğunu işaret edebilir. Ayrıca, yapılan t-testi sonuçlarına göre deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlendi. Bu da portakal suyu ile beslenen ve beslenmeyen buzağlar arasında belirgin bir etkileşim olduğunu gösterir. Portakal suyu ile beslenen buzağların su tüketiminde artış olduğu ve bu durumun daha fazla yem yemelerine ve dolayısıyla daha fazla kilo almalarına yol açtığı gözlemlendi. Bununla birlikte, dışkı skorlarının da portakal suyu ile beslenmeyen buzağlara göre yüksek olduğu belirlendi. Bu durum, portakal suyunun sindirim sistemine olan etkilerini ve buzağların sindirim sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir. Sonuç olarak, portakal suyu ile beslenen buzağların genel sağlık durumunun ve büyüme potansiyelinin kontrol grubundakilere göre daha iyi olduğu sonucuna varılabilir. Bu bulgular, portakal suyunun buzağların beslenme ve büyüme süreçlerinde olumlu bir katkı sağlayabileceğini ve sindirim sağlığını destekleyebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, portakal suyunun buzağların beslenme programına dahil edilmesinin önerilebileceği sonucuna varılabilir.

Etik Kurul Onayı

Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Deney Hayvanları Üretim ve Araştırma Merkezi Etik Kurulu'nun (SÜVDAMEK) 01.02.2024 tarih ve 2024/01 toplantı sayılı ve 2024/10 sayılı kararı ile çalışmanın araştırma etiği açısından uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

Açıklama

Bu çalışmamızda bize her konuda yardımlarını esirgemeyen öncelikle Mehmet Barbaros Karakuş ve Barbaros Karakuş Tarım A.Ş. ayrıca İşletme Müdürü Sayın İrfan Şeker ve tüm çiftlik personeline teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Altan, A., 1981. Pastörize portakal suyu üretiminde ticari pektinaz preparatları kullanılarak verim ve kaliteyi iyileştirme olanakları üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Burçak, E., Yalçın, S., 2013. Buzağı beslemede probiyotiklerin kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 53(2): 101-114.
- Diler, A., Aydın, R., 2009. Rasyona probiyotik-enzim kombinasyonu ilavesinin İsviçre Esmeri ırkı buzağlarda büyüme performansı ve yemden yararlanma ve sağlık üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, 50(2): 22-28.
- Gümüş, E., Küçükersan, S., 2018. Buzağlarda preruminant dönem beslenmesinin rumen gelişimi üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1).
- Karslı, M.A., Evcı, Ş., Buzağı kayıplarının önlenmesinde inek ve buzağı beslemesinin önemi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 58(3): 23-34.
- Ünlü, H., Erkek, R., Özdoğan, M., Mert, S., 2013. Buzağı beslemede doğal yem katkı maddelerinin kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 54(2): 36-42.
- Yavuzarslan, E., 2018. Değişen miktarlarda süte katılan prebiyotiklerin süt emen Simental buzağlarda büyüme performansı ve sağlığı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

Atıf  ekli: B y kcan, F., 2024. Erkek Buza ılarda Aromatik   me Sularının Su Tüketime ve Performansa Etkisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 444–458.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12167483>.

To Cite: B y kcan, F., 2024. Effect of Aromatic Drinking Water on Water Consumption and Performance in Male Calves. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 444–458.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12167483>.

The Effect of Combined Treatment with *Mentha longifolia* L. and Docetaxel on Drug Resistance in Colon Cancer

Dilay AHMEDLİ ¹, Zehra GÜMÜŞ ^{1*}, Rana YETKİN ¹, Gonca KABAK ², Yavuz SİLİĞ ²

¹ Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Medical, Sivas

² Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biochemistry, Sivas

*Corresponding author: zehragms2501@gmail.com

Received: 25.03.2024

Accepted: 30.04.2024

Abstract

This study investigates the effects of *Mentha longifolia* L. and the chemotherapeutic drug docetaxel on drug resistance in colon cancer. One of the major challenges in colon cancer treatment is the resistance of cancer cells to chemotherapy drugs. The primary mechanism of this resistance involves the overexpression of multi-drug resistance (MDR/ABCB1) genes. MDR genes reduce the intracellular accumulation of chemotherapeutic agents in cancer cells. The study examined the effects of *Mentha longifolia* L. extract and docetaxel on ABCB1 gene expression in the HT-29 colon cancer cell line. HT-29 cells were cultured in RPMI medium and CCD18-Co cells in MEM medium, both containing 10 % fetal bovine serum (FBS), penicillin (100 U mL⁻¹), and streptomycin (10 mg L⁻¹), at 37 °C, 5 % CO₂, and 95 % humidity. Results showed that *Mentha longifolia* L. extract alone did not significantly alter ABCB1 gene expression, but in combination with docetaxel, it significantly increased gene expression. This finding suggests that *Mentha longifolia* L. could play a potentially important role in overcoming drug resistance in cancer cells by enhancing the efficacy of docetaxel.

Keywords: *Mentha longifolia* L., colon cancer, drug resistance

1. Introduction

Since the beginning of human history, diseases have been a part of life. People have sought treatments for these diseases in nature and through the experiences of previous generations. This quest has led to the development of traditional medicine, which has evolved over the years according to the beliefs, philosophical thoughts, and cultural structures of societies (Talhaoğlu, 2021). Traditional medicine utilizes plants, animals, and various minerals (WHO, 2000). Some methods used include prolotherapy, mesotherapy, and phytotherapy (Ünal and Dağdeviren, 2019).

Phytotherapy (phytos: plant, therapy: therapy) involves the treatment of diseases using plant-based remedies. Some of the plants used in phytotherapy include Aloe vera, tea tree oil, ginger, rosemary, and mint (Durusoy and Gözel Ulusal, 2007). The essential oil and leaves of mint are frequently used in traditional treatments and medicines due to their antioxidant, antitumor, antiallergenic, and antibacterial properties. Studies on animal models have shown that mint affects the gastrointestinal and nervous systems, has hepatic and renal effects, and possesses chemopreventive potential. In human studies, mint has been observed to affect drug and nutrient bioavailability, have gastrointestinal effects, alleviate airflow sensations in the respiratory tract, and possess analgesic effects (Diane et al., 2006). Phytotherapy methods can be used to address the severe side effects experienced by cancer patients undergoing treatment. Herbal treatments have also been observed to be effective in cancer immunotherapy, a modern approach to cancer treatment (Kurhan and Ekici, 2021). Cancer is a disease driven by genetic and somatic factors that cause uncontrolled cell proliferation. It can affect a tissue or organ and may metastasize, spreading to surrounding tissues and distant organs (Seyfried and Huysentruyt, 2013). Early diagnosis significantly reduces the risk of

death, making cancer screenings crucial (Tekpınar et al., 2018). Globally, statistics indicate that cardiovascular diseases are the leading cause of death, with cancers being the second most common cause (Bayık, 1989). In Turkey, according to World Health Organization (WHO) screening tests, there are three primary types of cancer: breast cancer, cervical cancer, and colorectal cancers (Anonim, 2024). For breast cancer, mammography is recommended; for cervical cancer, pap-smear and HPV-DNA tests are suggested (Şen and Öztürk, 2020). For colorectal cancers, fecal occult blood tests, sigmoidoscopy, or colonoscopy can be used (White et al., 2015). Colonoscopy or sigmoidoscopy is particularly important for the detection and diagnosis of polyps, which are precursors to colon cancer (Hüseyin Remzi and Öncel, 2006).

Chemotherapy can be utilized to treat cancer based on its stage, to prevent invasion, and to hinder metastasis. One of the drugs commonly used in chemotherapy is docetaxel, a plant alkaloid-derived anticancer agent known for its anticancer effects through tubulin stabilization. The *Mentha* genus of the *Lamiaceae* family contains volatile oils widely used in the cosmetic and pharmaceutical industries. Following citrus species, *Mentha* species are the second most important source of volatile oils globally, with approximately 2000 tons of volatile oil obtained from *Mentha* species (Mucciarelli et al., 2001). Distributed primarily in temperate regions of Eurasia, Australia, and South Africa, where moist conditions prevail, this genus comprises over 25 species, mostly perennial herbs (Lange and Croteau, 1999). Among all species of mint, *Mentha canadensis*, *Mentha piperita*, and *Mentha spicata* are economically significant. *M. canadensis* (syn: *Mentha arvensis* L. f. *Piperascens* Malinv. Ex Holmes) is cultivated in tropical and subtropical climates, while *M. piperita* is suitable for temperate climates (Liu and Lawrence, 2007).



Figure 1. *Mentha Longifolia* L. (Anonim, 2023)

Commonly known as peppermint, *M. piperita* exhibits broad adaptability to various climates and soil conditions, with temperate climates being conducive to high-quality production (Green, 1963). It is extensively used for flavoring in pharmaceutical products and the cosmetic industry. In recent years, there has been a notable increase in international demand for

peppermint oil, with Bulgaria, Italy, China, and the United States accounting for approximately 90% of the world's total production. The MDR1 gene, located on chromosome 7q21.12, is a multi-drug resistance gene. Some tissues, such as the epithelium of the colon and kidneys, express *MDR*.

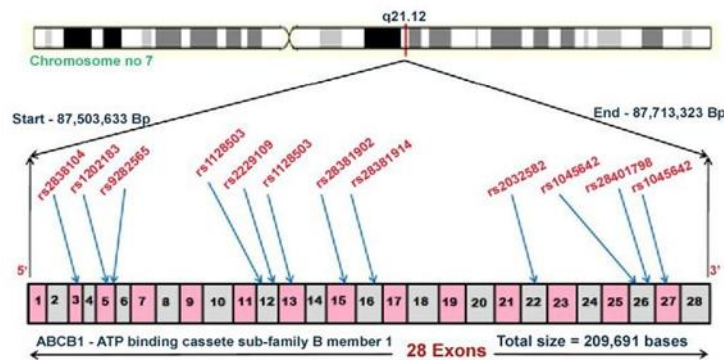


Figure 2. ABCB1 gene (Chakraborty et al., 2018)

While the exact physiological role of *MDR* remains incompletely understood, it serves as a substrate for numerous toxins, including natural anticancer drugs. *MDR* alters the uptake of these substrates in specific parts of the body and is involved in the elimination of drug effects. (Brinkman

and Eichelbaum, 2001; Jamroziak and Robak, 2004) Due to its role in causing multi-drug resistance in cancer, *MDR* can impede the success of chemotherapy. Therefore, efforts are underway to discover new drugs and enhance drug efficacy (Aksoy, 2016).

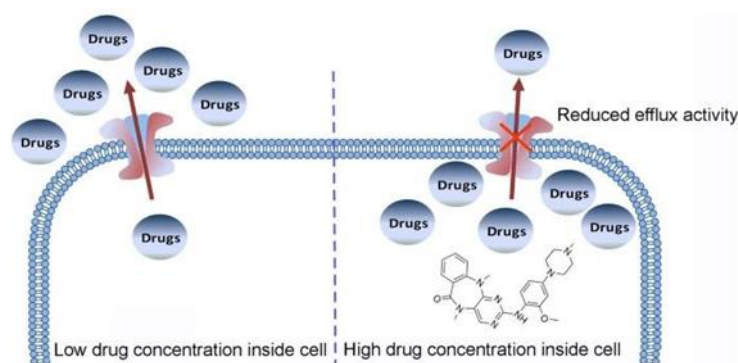


Figure 3. MDR gene effect (Wang et al., 2020)

2. Material and Methods

Mentha Longifolia L. used in this study was collected from Tepeköy and Ütük villages, located in the Zara district of Sivas province, Turkey, in May and September 2023.

2.1. Preparation of the extracts

Volatile oils from the whole plant without flowers and from the combination of flowers and stems were separately extracted. The volatile oils were obtained by hydrodistillation of the specified parts of the plants using a Clevenger apparatus for 3 hours. The condenser part of the Clevenger apparatus was connected to a micro-cooler device to maintain the cooling water at 4°C. The yield of the obtained oil was determined as v/w (mL oil/g plant). The isolated volatile oil was transferred to amber-colored bottles and stored at -20°C until analysis after removing water content using Na₂SO₄.

2.2. Cytotoxicity activities

The IC₅₀ value obtained from the study conducted by Beheshtian et al. was used for cytotoxic activity.

2.3. Cell culture

HT-29 and CCD18-Co cell lines were cultured in MEM and RPMI medium, respectively, supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS), penicillin (100 U mL⁻¹), and streptomycin (10 mg L⁻¹). Cells were maintained at 37°C, 5% CO₂, and 95% air in a humidified incubator. Cells were

seeded in 6-well plates at approximately 70-80% confluence after trypsinization of cell culture flasks.

2.4. Statistical analysis

All experiments were conducted in triplicates, and results are presented as means ± standard error mean. Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA), and differences were considered significant at $p < 0.05$. IC₅₀ values were determined using GraphPad Prism8 software.

3. Results and Discussion

Generally, essential oils and aromatic substances used under medical supervision and at physiological doses are not toxic. However, misuse or uninformed treatment attempts can lead to toxic effects. Some aromatic compounds can be highly toxic, leading to their prohibition or restriction in the pharmaceutical industry, perfumery, and food flavors. For example, menthol, the main component of peppermint essential oil, can exhibit serious toxic effects when administered in high doses. Additionally, certain health conditions such as glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency (favism) can increase the toxicity of menthol. Therefore, the ability of essential oils (EOs) to inhibit cancer cell growth without harming healthy cells relies on their activation of specific molecular targets that trigger cell death. Moreover, some EO components have demonstrated the potential to shrink tumors with low toxicity and may be considered as a new class of

anticancer drugs. Studies investigating the synergistic effects of EOs with other compounds, especially traditional drugs, are limited to in vitro conditions. Our study aims to increase the number of in vitro

studies and enhance the response to treatment by demonstrating the combined effect of *Mentha Longifolia* L. and docetaxel drug in reducing resistance to drugs used in cancer treatment.

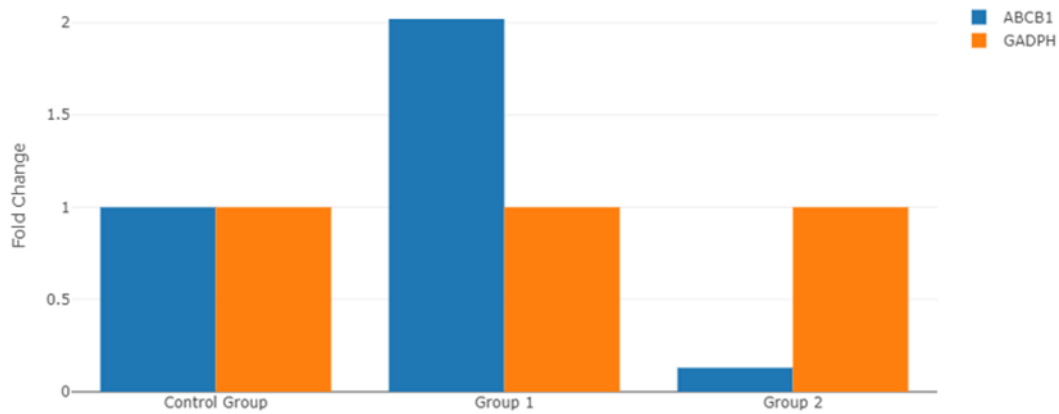


Figure 1. Levels of ABCB1 gene in HT-29 cell line (Group 1 = Treated with *Mentha Longifolia* L. and Docetaxel, Group 2 = Treated with *Mentha Longifolia* L. only)

Table 1. Fold changes of ABCB1 gene compared to the control group

Symbol	Changes in fold induction	
	Group 1	Group 1
<i>ABCB1</i>	2.02	0.13
<i>GAPDH</i>	N/A	N/A

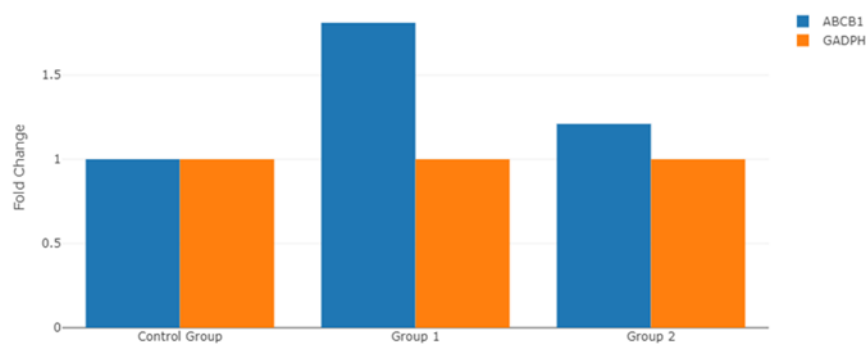


Figure 2. Levels of ABCB1 gene in CCD-18Co cell line (Group 1 = Treated with *Mentha Longifolia* L. and Docetaxel, Group 2 = Treated with *Mentha Longifolia* L. only)

Table 2. Fold changes of ABCB1 gene compared to the control group

Symbol	Changes in fold induction	
	Group 1	Group 2
<i>ABCB1</i>	1.81	1.21
<i>GAPDH</i>	N/A	N/A

Declaration of Author Contributions

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

Declaration of Conflicts of Interest

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

Acknowledgements

We would like to express our gratitude to Assoc. Prof. Dr. Emre EVLİCE from the Department of Agricultural Sciences at Sivas University of Science and Technology for his support in the collection of the plant and the preparation of the extract.

References

- Aksoy, Y., 2011. Ways to overcome drug resistance in cancer: Designing new drugs, *Journal of Medical Sciences*, 30(6).
- Alkan, M., Güzel, M., Akşit, H., Bağdat, R.B., Alkan, F.R., Evlice, E., 2021. Chemical components and insecticidal effects of essential oils from three lavender cultivars against adult *Sitophilus granarius* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae). *Turkish Journal of Entomology*, 45(4): 405-416.
- Anonim, 2023. "*Mentha longifolia* (L.) L. | Plants of the World Online | Kew Science". Plants of the World Online. Retrieved 11-14.
- Anonim, 2024. Turkish medical oncology association. (<https://www.kanser.org/saglik/toplum/kanser-tarama/ulkemizde-kanser-tarama-programlari>), (Erişim Tarihi: 16.02.2024)
- Bayık, A., 1989. Cancer epidemiology, *Journal of Ege University Faculty of Nursing*, 5(3): 58-71.
- Beheshtian, N., Karimi, E., Asili, J., Beheshtin, N., Le, H.H., Shakeri, M., 2023. *Mentha longifolia* L. inhibits colorectal cancer cell proliferation and induces apoptosis via caspase regulation. *International Journal of Translational Medicine*, 3(4): 416-425.
- Brinkmann, U., Eichelbaum, M., 2001. Polymorphisms in the ABC drugtransporter gene MDR1. *The Pharmacogenomics Journal*, 1: 59-64.
- Chakraborty, R., Gupta, H., Rahman, R., Hasija, Y., 2018. In silico analysis of nsSNPs in ABCB1 gene affecting breast cancer associated protein P-glycoprotein (P-gp). *Computational Biology and Chemistry*, 77: 430-441.
- Diane, L., McKay Jeffrey, B., Blumberg, A., 2006. Review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.), *Wiley Inter Science*, 619-633.
- Durusoy, Ç., Ulusall, B.G., 2007. Herbal therapy in dermatology-phytotherapy. *Turkish Journal of Dermatology*, 1: 47-50.
- Green, R.J., 1963. MintFarming, Agriculture Information Bulletin No. 212. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, p. 26.
- Jamrozak, K., Robak, T., 2004. Pharmacogenomics of MDR1/ABCB1 gene the influence on risk and clinical outcome of haematological malignancies, *Hematology*, 9(2): 91-105.
- Kurhan, İ., Ekici, H., 2021. Complementary- phytotherapy and cancer approach under traditional medicine, *Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association*, 12(1): 15-20.
- Lange, B.M., Croteau, R., 1999. Genetic engineering of essential oil production in mint. *Current Opinion in Plant Biology*, 2(2): 139-144.
- Liu, W., Lawrence, B.M., 2007. Production of mintsandmintoil in China. In: Lawrence, B.M. (Ed.), *Mint: GenusMentha*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 165-184.

- Mucciarelli, M., Camusso, W., Berteà, C. M., Bossi, S., Maffei, M., 2001. Effect of (+)-pulegone and other oil components of *Mentha × piperita* on cucumber respiration. *Phytochemistry*, 57(1): 91-98.
- Remzi, F.H., Öncel, M., 2006. Screening and Surveillance for Colorectal Cancer, 17(1): 50-57.
- Şen, S.K., Öztürk, Y.K., 2020. Relationship between health perception and cancer screening awareness, *Turkish Journal of Family Practice*, 24(4): 175-183.
- Seyfried, T.N., Huysentruyt, L.C., 2013. On the origin of cancer metastasis, *Critical Reviews in Oncogenesis*, 18(12): 43-73.
- Talhaoğlu, D., 2021. Traditional and complementary treatment practices. *Journal of Integrative and Anatolian Medicine*, 3(1): 16-29.
- Tekpınar, H., Aşık, Z., Özen, M., 2018. Evaluation of the approaches of patients who applied to the Family Medicine outpatient clinic regarding cancer screenings. 22(1): 28-36.
- Ünal, M., Dağdeviren, H.N., 2019. Traditional and Complementary Medicine Methods, *Eurasian Journal of Family Medicine*, 8(1): 1-9.
- Valaes, T., 1994. Severe neonatal jaundice associated with glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency: pathogenesis and global epidemiology. *Acta Paediatrica*, 83: 58-76.
- Wang, F., Li, D., Zheng, Z., Kin Wah To, K., Chen, Z., Zhong, M., Fu, L., 2020. Reversal of ABCB1-related multidrug resistance by ERK5-IN-1. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research*, 39: 1-13.
- White, A., Thompson, T.D., White, M.C., Sabatino, S.A., Moor, J., Paul, V., Doria-Rose, Geiger, A.M., Richardson, L.C., 2015. Cancer Screening Test Use-United States, MMWR.
- WHO, 2000. General Guidelines for Methodologies on Research and Evaluation of Traditional Medicine, WHO/EDM/TRM/2000.1

To Cite: Ahmedli, D., Gümüş, Z., Yetkin, R., Kabak, G., Siliğ, Y., 2024. The Effect of Combined Treatment with *Mentha Longifolia* L. and Docetaxel on Drug Resistance in Colon Cancer. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 459–465.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12167759>.

Topaluşağı Volkanitlerinin Jeokimyasal Karakteristikleri (Kahramanmaraş, Türkiye)

Esin ÜNAL ^{1*}, Onur KÖSE ¹, Fikret İŞLER ²

¹ Van Yüzüncü yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

*Sorumlu yazar (Corresponding author): esinunal@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 25.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 30.04.2024

Özet

Çalışma alanı Kahramanmaraş ilinin 11 km Güneydoğusunda bulunan Güzelyurt nahiyesi ile Abbaslar köyü arasında kalan alanı kapsar (Topaluşağı). Arazide en genç birim Kuvaterner yaşlı volkanizma ürünü olan plato bazaltlardır. Ayrıca sahadaki görünüşleri itibarıyla spilitleşmemiş olması, yastık debi göstermeyişi ile Ofiyolit seride rastlanılan bazaltlardan farklı olduklarını kanıtlamıştır. Mikroskobik incelemeler sonucu olivinli bazalt olarak tanımlanmıştır. Ana ve izement jeokimyası verilerine dayanarak jeokimyasal sınıflamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bazalt, bazaltikandezit, jeokimya, petrografi

Geochemical Characteristics of Topaluşağı Volcanics (Kahramanmaraş, Türkiye)

Abstract

The study area between subdistrict Güzelyurt, 11 km southeast of the city Kahramanmaraş and the Abbaslar village (Topaluşağı). The youngest units in the area are plateau basalts which are the results of Cretase-aged volcanism. Besides, they have proved to the different from the basalts of the ophiolitic series because they have been spilitised as regarded with the appereans in the area and they don't show cushion flow. These rocks, defined as olivined basalt after the microscopic studies. Geochemical classifications were made based on major and trace element geochemistry data.

Keywords: Basalt, basalticandesite, geochemistry, petrography

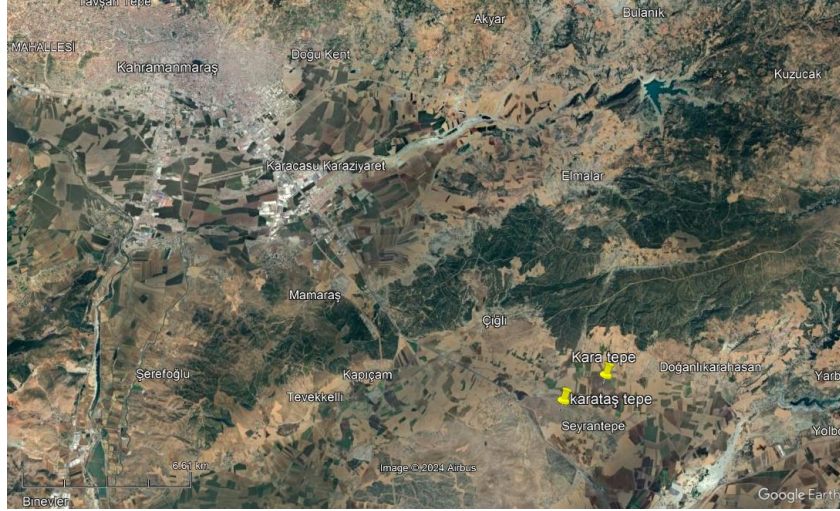
1. Giriş

Bu çalışma, Kahramanmaraş ilinin 11 km güneydoğusunda bulunan Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Yukarıtopaluşağı mahallesi kuzeyinde yüzeyleyen volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini konu almaktadır.

Çalışma konusunu oluşturan volkanitler Karataş Tepe ve Kara Tepe civarında görülmüştür (Şekil 1). Karataş Tepe

civarında volkanitler ile hem Ofiyolit ile hemde alüvyonlarla arasında net dokanaklar izlenmiştir. Kara Tepe de ise yalnızca alüvyon ile dokanağı vardır.

Aslaner (1973), İskenderun Kırıkhan Bölgesinde, Bilgin ve Ercan (1981), Ceyhan – Osmaniye yöresinde yaptığı jeolojik çalışmalarda bu bazaltların Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Google Earth uydu görüntüsü)

2. Materyal ve Yöntem

Kahramanmaraş iline bağlı Narlı ilçesinin Topaluşağı köylerinin arasında kalan volkanik alanını kapsamaktadır. Çalışma, saha laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde üç bölümde yapılmıştır. Jeolojik harita ve jeolojik kesitin hazırlanması elde edilen araştırma bulgularının rapor halinde derlenmesi, gerekli teknik şekillerin hazırlanması, jeokimyasal diyagramların çizilmesi şeklinde yürütülmüştür.

2.1. Ana element ve iz elemnt kimyasal analizleri

Çalışma alanında bulunan volkanitlerden alınan örnekler laboratuvara getirilmiş ve toz haline gelene kadar Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Jeokimya laboratuvarında öğütülmüştür. Örnekler Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün Analitik Kimya laboratuvarında analiz yapılarak % oksit

içerikleri (SiO_2 , Na_2O , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3) iz element içerikleri (F, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Pb, Ce, Nd, Yb, Th, U) saptanmıştır. Elde edilen element sonuçlarına dayanarak uluslararası kabul görmüş olan sınıflama ve ayırtlama diyagramları oluşturulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Petrografi

Çalışma alanında, volkanitlerin ofiyolitler üzerinde fazla kalınlık göstermeyen plato bazaltları gibi yayılmış olmaları, denizaltı volkanizmasına ait herhangi bir işaretin (spilitleşme yastık debi) görülmemesi ve mikroskobik çalışmalar sonucunda Kuvaterner'de meydana gelen volkanik faaliyetler sonucu, oluştuğu kanaatine varılmıştır. Çok taze görümlü, ayrışma göstermeyen mineral içerdikleri gözlenmiş olduğundan bunların,

ofiyolit serisine ait bazaltlar olmadıkları düşünülmüştür.

Arazide, siyahımsı gri renkli ve irili ufaklı köşeli bloklar halinde görülen bazaltlar, genellikle gözeneklidir (gaz boşluklu). Gözenekler 0.1 - 0.3 cm arasında değişmektedir ve bazen kalsit dolguludur. Plajiyoklas, Olivin, Piroksen ve oksit minerallerden oluşan mineral parajenezi sunar. Gözenekler ise kalsit dolguludur.

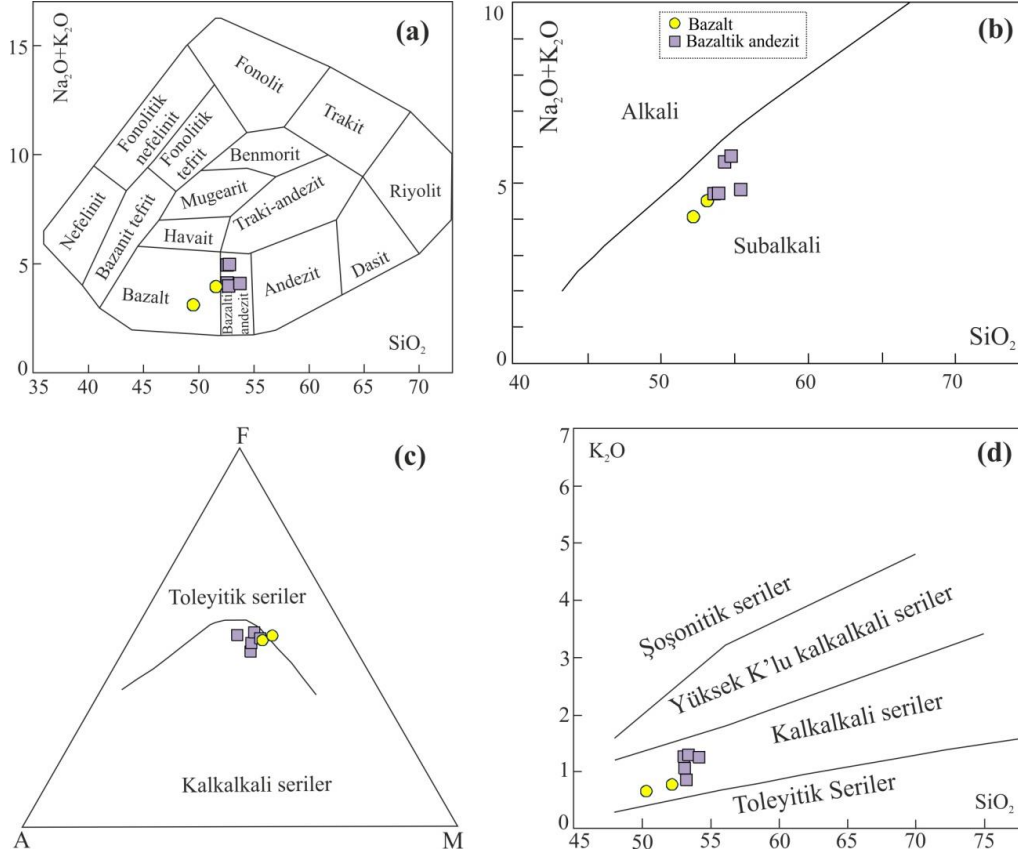
3.2. Jeokimya

Çalışma alanındaki volkanik birimlerin jeokimyasal bileşimleri Tablo1’de verilmiştir. Ana element analiz sonuçları

kullanılarak oluşturulan toplam alkali (% Na₂O + K₂O)–silis (SiO₂) (TAS; Cox ve ark., 1979) diyagramında (Şekil 2a) çalışma alanında bulunan volkaniklerin bazalt ve bazaltik andezit alanına düştükleri gözlenmiştir. Volkanik kayaç örneklerinin tamamı, Irvine ve Baragar (1971)’in TAS diyagramında subalkali bölgede (Şekil 2b); Irvine ve Baragar (1971)’in AFM diyagramında ise bir örnek (E20A) hariç kalkalkalen bölgede yer alırlar (Şekil 2c). Bölgenin volkaniklerine ait kayaç örnekleri Peccerillo ve Taylor (1976)’nın SiO₂–K₂O diyagramında kalkalkali özellik sergilemektedirler (Şekil 2d).

Tablo1. Çalışma alanındaki volkanik birimlerin ana ve eser element jeokimyasal analiz sonuçları (ana element sonuçları % oksit cinsinden, eser element sonuçları ppm cinsinden verilmiştir)

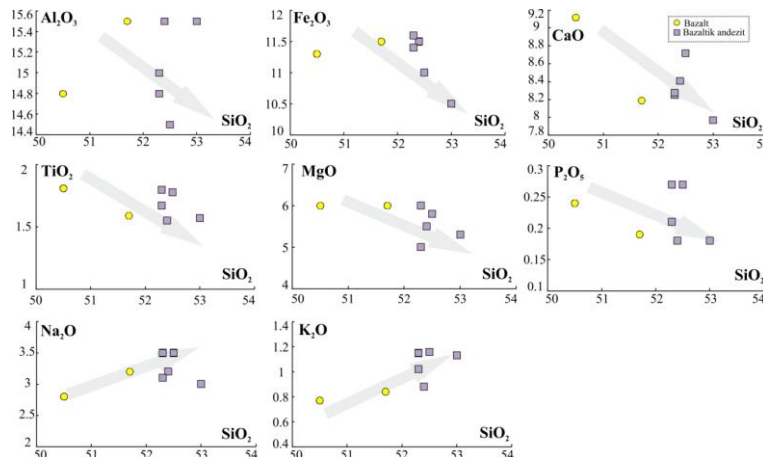
Örnek	E17	E18	E18C	E19	E20A	E20B	E20C
SiO ₂	53	52.4	51.7	52.3	50.5	52.3	52.5
TiO ₂	1.57	1.55	1.59	1.67	1.81	1.8	1.78
Al ₂ O ₃	15.5	15.5	15.5	15	14.8	14.8	14.5
MgO	5.3	5.5	6	6	6	5	5.8
Fe ₂ O ₃	10.5	11.5	11.5	11.6	11.3	11.4	11
CaO	7.97	8.41	8.19	8.25	9.12	8.28	8.72
K ₂ O	1.13	0.88	0.84	1.02	0.77	1.15	1.16
Na ₂ O	3	3.2	3.2	3.1	2.8	3.5	3.5
P ₂ O ₅	0.18	0.18	0.19	0.21	0.24	0.27	0.27
MnO	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.14
LOI	0.8	0.55	0.25	0.65	1.85	0.5	0.55
V	188	197	198	206	211	212	211
Cr	287	300	359	339	304	292	321
Ni	173	203	204	236	281	189	197
Cu	60	66	75	78	63	60	61
Zn	104	110	108	110	112	116	106
Rb	33	17	19	23	12	20	21
Sr	278	270	272	302	358	367	361
Y	23	20	19	21	25	23	21
Zr	118	116	115	124	138	139	135
Ba	203	195	201	205	257	228	197
CaO/Al ₂ O ₃	0.51	0.54	0.53	0.55	0.62	0.56	0.60
Na ₂ O+K ₂ O	4.13	4.08	4.04	4.12	3.57	4.65	4.66



Şekil 2. Topaluşağı volkanitlerine ait kayaç örneklerinin a) TAS adlandırma diyagramındaki (Cox ve Arkadaşları 1979) b) Irvine ve Baragar'ın (1971)'in TAS diyagramındaki c) AFM (A; Na₂O+K₂O, F; FeO, M; MgO) diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) d) K₂O – SiO₂ diyagramındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) konumları.

Volkanitlerin ana element oksitlerinin SiO₂'ye göre ikili değişim diyagramlarında Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, TiO₂, MgO ve P₂O₅ değerlerinde SiO₂ artışına bağlı olarak negatif trend gözlenirken, K₂O ve Na₂O değerlerinde pozitif trend gözlenmektedir (Şekil 3). Al₂O₃ içeriğinin silis oranının artışı ile azalma göstermesi plajiyoklaz

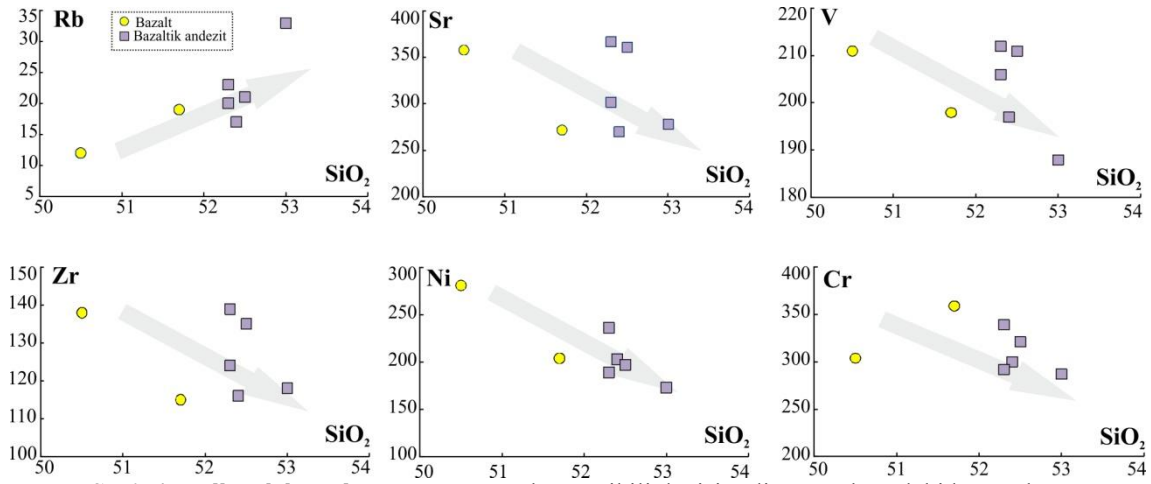
kristalizasyonu nedeniyledir (Şekil 3). MgO ve Fe₂O₃ değerlerinde gözlenen negatif trend olivin ve piroksen kristallenmesi ile ilgilidir (Şekil 3). CaO içeriğindeki azalma piroksen ve kalsik plajiyoklazların kristallenmesi ile açıklanabilir (Şekil 3). Na₂O ve K₂O içeriğinde SiO₂ artışına bağlı olarak artış gözlenir (Şekil 3).



Şekil 3. Volkanik birimlerin SiO₂–ana element ikili değişim diyagramlarındaki konumları

Volkanik kayaç örneklerine ait eser elementlerden Rb, Sr, V, Zr, Ni ve Cr'un SiO_2 'ye göre değişimleri incelendiğinde, bu elementlerden SiO_2 ile Rb arasında pozitif, SiO_2 ile Sr, V, Zr, Ni ve Cr arasında ise negatif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 4). SiO_2 ile Rb arasındaki pozitif trend ve SiO_2 ile eser elementlerden Sr, V, Zr, Ni ve Cr arasındaki negatif trendler bu elementlerin fraksiyonel kristalleşme sırasındaki davranışlarına benzemektedir (Şekil 4).

Sr'un fraksiyonel kristallenme sırasında negatif trend sergilemesi Sr'un plajiyoklazlarda Ca'un yerine geçmesi ve kalsik plajiyoklazların fraksiyonlanması ile ilgilidir. V özellikle manyetit ve piroksenlerin bünyesine girebilmektedir. Bu nedenle SiO_2 artışı ile negatif trend sergilemektedir (Şekil 4). Ni ve Cr'un negatif trend göstermesi ise olivin ve klinopiroksenlerdeki Mg, Fe ve Al'un yerini alması nedeniyledir (Şekil 4).

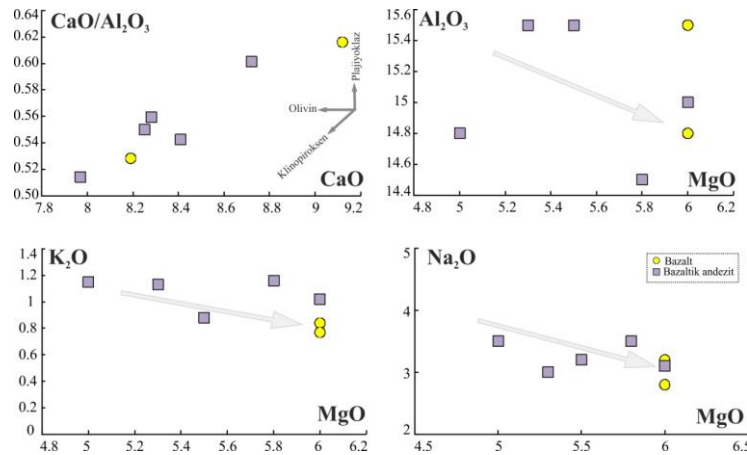


Şekil 4. Volkanik birimlerin SiO_2 -eser element ikili değişim diyagramlarındaki konumları

İyonik yarıçapının K elementinin iyonik yarıçapına benzerliğinden ötürü onun yerini alan Rb elementi, fraksiyonel kristallenmede K'un geç evre minerallerinde zenginleşmesi nedeniyle SiO_2 artışına paralel olarak artış gösterir.

CaO ve $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ arasındaki doğrusal gidiş (Şekil 5) başlangıçta klinopiroksenin

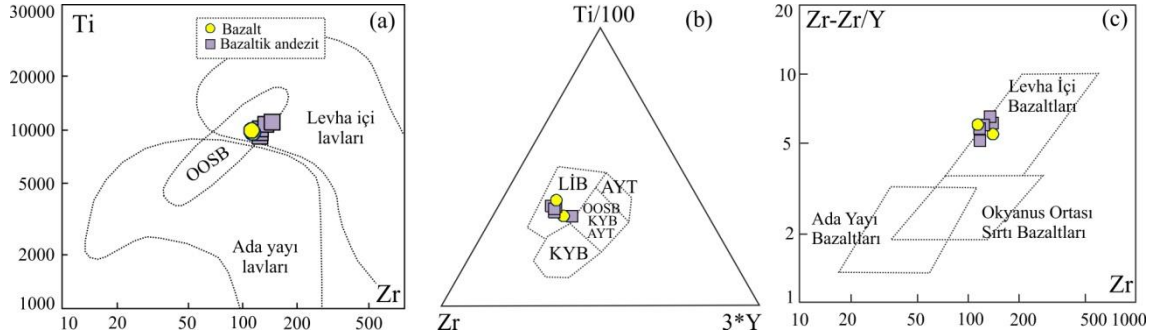
ana farklılaşma fazlarından biri olduğunun, Al_2O_3 , Na_2O ve K_2O içeriklerinin MgO ile negatif korelasyon ilişkisi sergilemeleri (Şekil 5) alkali feldispatların başlangıçtaki kristal fraksiyonlanmasında etkili olmadığına bir işareti olarak kabul edilebilir.



Şekil 5. Topaluşağı volkanitlerinin a) CaO 'e karşı $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, b) MgO 'e karşı Al_2O_3 , c) MgO 'e karşı Na_2O , ç) MgO 'e karşı K_2O değişim diyagramlarındaki konumları.

Topaluşağı volkanitlerine ait kayaç örneklerinin tamamı Pearce (1982)'nin Ti-Zr; Pearce ve Cann (1973)'ün Ti/100-Zr-3*Y ve Pearce ve Norry (1979)'un Zr-Zr/Y

jeotektonik ortam ayırım diyagramlarında levha içi bazaltları alanına düşmektedirler (Şekil 6).



Şekil 6. Topaluşağı volkanitlerinin a) Pearce (1982)'nin Ti-Zr diyagramındaki; b) Pearce ve Cann (1973)'ün Ti/100-Zr-3*Y diyagramındaki; c) Pearce ve Norry (1979) Zr-Zr/Y diyagramındaki konumları (LIB: Levha içi bazaltı; OOSB: Okyanus ortası sırtı bazaltı; KYB: Kıtasal yay bazaltı; AYT: Ada yayı toleyiti).

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma alanında iki yerde yüzeyleyen ve az kalınlığı bulunan bazaltlardan, yapılan ince – kesitlerden ve sahadaki konumları gereği Ofiyolitik seriye ait olmayan daha ziyade plato bazaltları şeklinde, Kuvaterner’ de meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan jeokimyasal analizler sonucunda Bazaltik ve Bazaltik – Andezit bileşiminde kayaçlar olup, kayaçların tümü subalkali özelliktedir ve kıta içi bazalt oluşumları içinde yer almaktadır. Potasyum değeri orta seviyededir. Çalışma alanının, karmaşık bir yapı sunan Amanosların orta kesiminde bulunması; Doğu Anadolu Yarılmı ile Ölü Deniz Fay Kuşağına yakınlığı ve Üst Kretase’ de bindirmenin meydana gelmesi nedeniyle bölge tektonik deformasyonların etkisi altında kalmıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

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

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Finansman

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri

(BAP) Koordinatörlüğü tarafından “2002–YL-234” nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu, çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Aslaner, M., 1973. İskenderun-Kırıkhan Bölgesindeki Ofiyolitlerin Jeolojisi ve Petrografisi,. M.T.A. Yayın no: 150., s 78.
- Bilgin, A.Z., Ercan, T., 1981. Ceyhan–Osmaniye yöresindeki Kuvaterner bazaltlarının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24(1): 21–30.
- Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of igneous rocks. George Allen and Unwin Ltd. London. 450 s.
- Irvine TN, Baragar WRA, 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19: 290–300.

- Pearce, J.A. Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69: 33–47.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R.S. (ed.) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 525-548, ISBN 0471280348.
- Peccerillo A, Taylor SP, 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58: 63-81.

Atıf Şekli: Ünal, E., Köse, O., İşler, F., 2024. Topaluşağı Volkanitlerinin Jeokimyasal Karakteristikleri (Kahramanmaraş, Türkiye). *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2):466–472. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12169128>.

To Cite: Ünal, E., Köse, O., İşler, F., 2024. Geochemical Characteristics of Topaluşağı Volcanics (Kahramanmaraş, Türkiye). *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2):466–472. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12169128>.
