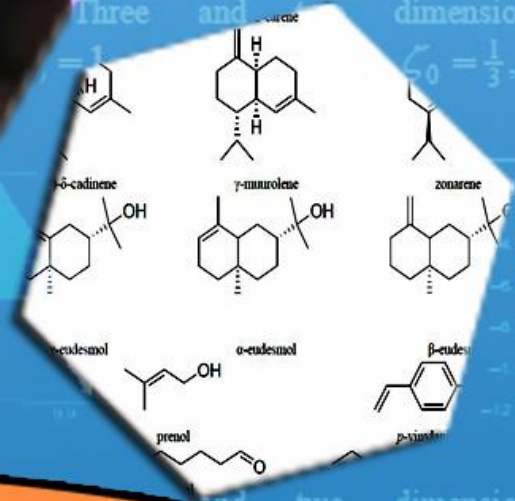
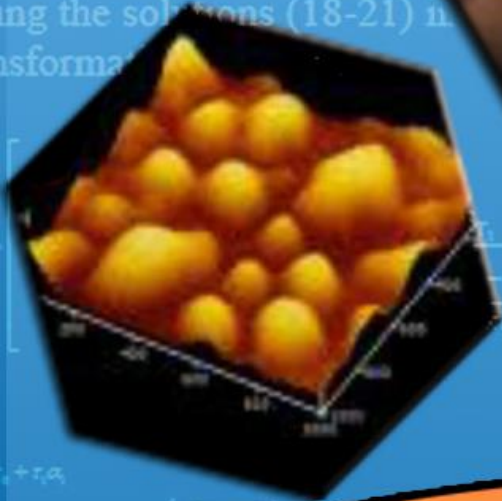


TDFD

TÜRK DOĞA ve FEN DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF NATURE AND SCIENCE

TJNS



TÜRK DOĞA VE FEN DERGİSİ

Amaç

Türk Doğa ve Fen Dergisi, Dergipark tarafından yayınlanan Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne ait ulusal ve hakemli bir dergidir. Türk Doğa ve Fen Dergisi, Türkiye ve dünyanın her yerinden gelen doğa ve fen bilimlerinin her alanında özgün, yayımlanmamış, yayımlanmak üzere başka yere gönderilmemiş makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmaların bilim alemine sunulması amacıyla kurulmuştur.

Kapsam

Türk Doğa ve Fen Dergisinde Mühendislik, Ziraat, Veterinerlik, Fen ve Doğa Bilimleri alanlarından olmak üzere Türkçe ve İngilizce hazırlanmış orijinal makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmalar yayımlanır. Türk Doğa ve Fen Dergisi sadece online sistemde yayınlanmakta olup ayrıca kağıt baskısı bulunmamaktadır.

Merhaba...

Türk Doğa ve Fen Dergisi, Dergipark tarafından yayınlanmakta olup Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne aittir. Bahar ve güz dönemi olmak üzere yılda iki defa çıkarılan ulusal hakemli bir dergi olarak ilk sayısını 2012 bahar döneminde yayımlamıştır. Türk Doğa ve Fen Dergisi, Türkiye ve dünyanın her yerinden gelen doğa ve fen bilimlerinin her alanında özgün, yayımlanmamış, yayımlanmak üzere başka yere gönderilmemiş makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmaların bilim alemine sunulması amacıyla kurulmuştur. İlk sayısından bugüne kesintisiz olarak faaliyetlerini sürdürmektedir.

Türk Doğa ve Fen Dergisi sadece online sistemde yayınlanmakta olup ayrıca kağıt baskısı bulunmamaktadır. Dergimize gelen her çalışma öncelikle Turnitin intihal programında taranmaktadır. Dergimizde editörlerin, hakemlerin ve yazarların, uluslararası yayım etik kurallarına uyması ve makalelerin yazım kurallarına uyumlu olması zorunluluğu vardır.

Yazarlar yayımlanmak üzere dergimize gönderdikleri çalışmalarını ile ilgili telif haklarını zorunlu olarak Bingöl Üniversitesi Türk Doğa ve Fen Dergisi'ne devretmiş sayılırlar. Yazarlardan herhangi bir ücret talep edilmemektedir. Yazarların değerlendirmeleri, dergimizin resmi görüşü olarak kabul edilemez. Çalışmaların her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir. Araştırma ürünleri için etik kurul raporu gerekli ise, çalışma üzerinde bu raporun alınmış olduğu belirtilmeli ve kurul raporu sisteme kaydedilmelidir. Araştırma ile ilgili intihal, atıf manipülasyonu, sahte veri uydurma vb. suistimallerin tespit edilmesi halinde yayım ve etik ilkelerine göre davranılır. Bu durumda çalışmanın yayımlanmasını önlemek, yayımdan kaldırmak ya da başka işlemler yapmak için gerekli işlemler takip edilmektedir.

Dergimizde, kaynak gösteriminde uluslararası Vancouver sistemine geçilmiştir. Ayrıca dergimiz, Creative Commons ile lisanslanmak suretiyle dergimizde yayımlanan makalelerin paylaşımı, kaynak gösterimi ve yayımlanmasında dergi ve yazar haklarını korumaya almıştır. 2018 yılı güz döneminden itibaren makaleler, uluslararası yazar kimlik numarası ORCID No'su ile yayımlanmaktadır.

Dergi ekibi, dergimizin ulusal ve uluslararası indekslerce taranan bir dergi olması yönünde çalışmalarını titizlikle sürdürmektedir. Dergimize gösterilen ilgi bu yönde bizleri teşvik etmeye devam edecektir.

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayımlanmaktadır

EDİTÖRLER (YAYIN) KURULU

BAŞEDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem DARENDELİOĞLU

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
Bölümü

E-Mail: edarendelioglu@bingol.edu.tr

EDİTÖR YARDIMCISI

Dr. Öğr. Üyesi Adnan AYNA

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

E-Mail: aayna@bingol.edu.tr

EDİTÖRLER

Fen ve Doğa Bilimleri

Doç. Dr. İkram ORAK

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve
Teknikler

E-Mail: iorak@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Selami SELVİ

Balıkesir Üniversitesi, Altınoluk Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal
Üretim Bölümü

E-Mail: sselvi2000@yahoo.com

Prof. Dr. Refik KESKİN

Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

E-Mail: rkeskin@sakarya.edu.tr

Prof. Dr. Halim ÖZDEMİR

Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

E-Mail: hozdemir@sakarya.edu.tr

Doç. Dr. Uğur ÇAKILCIOĞLU

Munzur Üniversitesi, Pertek Sakine Genç Meslek Yüksekokulu, Bitki Morfolojisi
ve Anatomisi Bölümü

E-Mail: ucakilcioglu@yahoo.com

Doç. Dr. Zafer ŐIAR

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakóltesi, Matematik Bölümü

E-Mail: zsiar@bingol.edu.tr

Doç. Dr. Kamuran DİLSİZ

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakóltesi, Fizik Bölümü

E-Mail: kdilsiz@bingol.edu.tr

Doç. Dr. Őukran KONCA

Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakóltesi, Temel Bilimler,
Matematik Bölümü

E-Mail: sukran.konca@bakircay.edu.tr

Doç. Dr. İdris YAZGAN

Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakóltesi, Biyoloji

E-Mail: idrisyazgan@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Abdulcabbar YAVUZ

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakóltesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

E-Mail: ayavuz@gantep.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Şükrü KURT

Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakóltesi, Temel Bilimler

E-Mail: mustafa.kurt@erzurum.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Sinan SAĞIR

Karamanođlu Mehmetbey Üniversitesi, Fizik

E-Mail: sinansagir@kmu.edu.tr / sinan.sagir@cern.ch

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYDEMİR

Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakóltesi, Temel Bilimler

E-Mail: murat.aydemir@erzurum.edu.tr

Mühendislik Bilimleri

Dr. Öğr. Üyesi Özgür ÖZGÜN

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü
E-Mail: oozgun@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Figen KOREL

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: figenkorel@iyte.edu.tr

Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
E-Mail: aslantas@aku.edu.tr

Prof. Dr. Hamit Özkan GÜLSOY

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Bölümü
E-Mail: ogulsoy@marmara.edu.tr

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: adnan.hayaloglu@inonu.edu.tr

Doç. Dr. İbrahim GÜNEŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme
Mühendisliği Bölümü
E-Mail: gunes@aku.edu.tr

Doç. Dr. Sırma YEĞİN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: sirma.yegin@ege.edu.tr

Doç. Dr. Hasan OĞUL

Sinop Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Nükleer Enerji
Mühendisliği
E-Mail: hogul@sinop.edu.tr

Doç. Dr. Murat YILMAZTEKİN

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: murat.yilmaztekin@inonu.edu.tr

Doç. Dr. Ferhat AYDIN

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü
E-Mail: ferhata@subu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nurullah DEMİR

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü
E-Mail: ndemir@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Kazım HANBAY

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü
E-Mail: khanbay@bingol.edu.tr

Dr. Erhan Sulejmani

University of Tetova, Faculty of Food Technology and Nutrition
E-Mail: erhan.sulejmani@unite.edu.mk

Dr. Hacène Medjoudj

Larbi Ben M'Hidi University of Oum El Bouaghi, Food Science Department
E-Mail: medjoudjh@yahoo.com

Sağlık Bilimleri

Doç. Dr. Aydın Şükrü BENGÜ

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve
Teknikler
E-Mail: abengu@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Dilhun Keriman ARSERİM UÇAR

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
E-Mail: dkucar@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah TUNÇ

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü
E-Mail: atunc@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜNDOĞDU

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri
E-Mail: rgundogdu@bingol.edu.tr

Dr. Alexander HERGOVICH

UCL Cancer Institute, Department of Cancer Biology, Faculty of Medical Sciences,
UCL, London, UK
E-Mail: a.hergovich@uc.ac.uk

Dr. Valenti GOMEZ

UCL Cancer Institute, Department of Oncology, Faculty of Medical Sciences,
UCL, London, UK
E-Mail: valentin.gomez@ucl.ac.uk

Veterinerlik Bilimleri

Doç. Dr. Cüneyt ÇAĞLAYAN

Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü
E-Mail: ccaglayan@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veteriner Hekimliği Temel Bilimler
E-Mail: fmehmet.kandemir@atauni.edu.tr

Doç. Dr. Akin KIRBAŞ

Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü
E-Mail: akindahiliye55@yahoo.com

Doç. Dr. Emrah Hicazi AKSU

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü
E-Mail: emrahaksu@atauni.edu.tr

Ziraat Bilimleri

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
E-Mail: kahafe1974@yahoo.com

Prof. Dr. Mustafa SÜR MEN

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
E-Mail: mustafa.surmen@adu.edu.tr

Prof. Dr. Banu YÜCEL

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, Zoote kni
Bölümü
E-Mail: banu.yucel@ege.edu.tr

Doç. Dr. Hakan İNCİ

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zoote kni Bölümü
E-Mail: hinci@bingol.edu.tr

Doç. Dr. Rıdvan POLAT

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı
E-Mail: rpolat@bingol.edu.tr

TEKNİK EDİTÖRLER

Öğr. Gör. Mücahit ÇALIŞAN

Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri
E-Mail: mcalisan@bingol.edu.tr

Dr. Eray ÇALIŞKAN

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
E-Mail: ecaliskan@bingol.edu.tr

Dr. Ersin KARAKAYA

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
E-Mail: karakayaersin1982@gmail.com

Dr. Nimetullah KORKUT

Bingöl Üniversitesi, BİNÜZEM, Bilgisayar Teknolojileri
E-Mail: nkorkut@bingol.edu.tr

DİL EDİTÖRÜ

Öğr. Gör. Ahmet KESMEZ

Bingöl Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, İngilizce Bölümü
E-Mail: akesmez@bingol.edu.tr



İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Solhan (Bingöl) Florasının Arıcılık Açısından Değerlendirilmesi

An Evaluation on Solhan (Bingöl/Turkey) Flora with Regard to Beekeeping

Rıdvan POLAT^{1*}, Nevzat ESİM², Zeynep ÜRÜŞAN³, Ahmet CAF⁴, Mihriban AHISKALI⁵, Deniz CANLI³

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Pilot Üniversite Koordinasyon Merkezi, Bingöl, Türkiye

⁴ Bingöl Üniversitesi, Teknik bilimler Meslek yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

⁵ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye

1

Rıdvan POLAT ORCID No: 0000-0003-0261-3671

Nevzat ESİM ORCID No: 0000-0001-5121-092X

Zeynep ÜRÜŞAN ORCID No: 0000-0002-7749-5553

Ahmet CAF ORCID No: 0000-0002-4295-7703

Mihriban AHISKALI ORCID No: 0000-0003-0580-7594

Deniz CANLI ORCID No: 0000-0001-9794-8911

*Sorumlu yazar: rpolat@bingol.edu.tr

(Alınış: 18.08.2020, Kabul: 13.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Çapakçur Vadisi (Bingöl-Türkiye)'nin Monokotil Petaloitleri

Petaloid Monocotyledonous of Çapakçur Valley (Bingöl-Turkey)

Lütfi BEHÇET¹, Yakup YAPAR^{1*}

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bingöl, Türkiye

Lütfi BEHÇET ORCID No: 0000-0001-8334-7816

Yakup YAPAR ORCID No: 0000-0002-5298-0085

*Sorumlu yazar: yyapar25@gmail.com

(Alınış: 29.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

11

Screening of Antimicrobial Effect against Microorganisms Threatening to Human Health of the Endemic Plant; *Centaurea saligna* (C. Koch) Wagenitz from Turkey

Türkiye de Yetişen Endemik Bitki; *Centaurea saligna* (C. Koch) Wagenitz'in İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikroorganizmalara Karşı Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ^{1*}, Uğur ÇAKILCIOĞLU²

^{1,2} Munzur University, Pertek Sakine Genç Vocational School, Department of Medical Services, Tunceli

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-2389-0694

Uğur ÇAKILCIOĞLU ORCID No: 0000-0002-3627-3604

* Corresponding author: pinarerecevit@hotmail.com, perecevit@munzur.edu.tr

(Alınış: 05.05.2020, Kabul: 22.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

23

Doğu Akdeniz Bölgesinde Yetişen Dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

A Research on Determination of Some Physical Properties of Indian figs (*Opuntia Ficus-Indica* L.) Seeds Grown in the Eastern Mediterranean Region

Zeynep DUMANOĞLU^{1*}, Umrul GUZEL², Atilla ÇAKIR³

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bozyazı Tarım ve Orman Müdürlüğü, Mersin, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Zeynep DUMANOĞLU ORCID No: 0000-0002-7889-9015

Umrul GUZEL ORCID No: 0000-0002-7841-521X

Atilla ÇAKIR ORCID No: 0000-0001-9732-9272

*Sorumlu yazar: zdumanoglu@bingol.edu.tr

(Alınış: 25.03.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Geçici Stres Dönemi ve Sonrasında Biber Fidelerinin Mikro Element Alım Performansı

Micro Element Uptake Performance of Pepper Seedlings in Temporary Stress Period and Post-Stress Period

Hacı Yusuf KADAN¹, Özlem ÜZAL^{2*}, Fikret YAŞAR²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

Hacı Yusuf KADAN ORCID No: 0000-0003-1701-6378

Özlem ÜZAL ORCID No: 0000-0002-1538-820X

Fikret YAŞAR ORCID No:0000-0001-6598-8580

*Sorumlu yazar: ozlemuzal@yyu.edu.tr

(Alınış: 12.04.2020, Kabul: 01.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Bazı İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Isparta Koşullarında Performansları

Performances of some Two and Six Rows Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in Isparta Conditions

Aykut ŞENER¹, Bekir ATAR^{2*}, Burhan KARA¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Isparta, Türkiye

Aykut ŞENER ORCID No: 0000-0003-1868-9451

Bekir ATAR ORCID No: 0000-0002-1446-5699

Burhan KARA ORCID No: 0000-0002-4207-0539

*Sorumlu yazar: bekiratar@isparta.edu.tr

(Alınış: 30.04.2020, Kabul: 01.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

28

34

41

Bingöl Şartlarında Bazı İtalyan Çimi (*Lolium Multiflorum* Lam.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi

Determination of Herbage Yield and Quality of some Italian Ryegrass (*Lolium Multiflorum* Lam.) Varieties in Bingol Conditions

Vural LALE¹, Kağan KÖKTEN^{2*}

46

¹Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, 12000 Bingöl, Türkiye

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye

Vural LALE ORCID: 0000-0003-0119-0910

Kağan KÖKTEN ORCID: 0000-0001-5403-5629

*Sorumlu Yazar: kkokten@bingol.edu.tr

(Alınış: 02.07.2020, Kabul: 12.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

İğdır ve Yöresinde Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Some Physicochemical Properties of Honey Produced in İğdır and Region

Bayram YURT^{1*}, Sema ÇAKIR²

¹ Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Vitalköy Eren Gıda, Kartepe, Kocaeli, Türkiye

Bayram YURT ORCID No: 0000-0001-5447-1586

Sema ÇAKIR ORCID No: 0000-0001-7021-2242

*Sorumlu yazar: byurt@bingol.edu.tr

(Alınış: 01.07.2020, Kabul: 16.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Lavantada Köklenme Üzerine Çelik Kalınlıklarının Etkisi

Effect of Cuttings Thicknesses on Rooting in Lavender

Nimet KARA^{1*}, Hasan BAYDAR¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

Nimet KARA ORCID No: 0000-0001-7069-0877

Hasan BAYDAR ORCID No: 0000-0003-1317-2066

*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

(Alınış: 29.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Turizm Yerleşim Alanlarında Peyzajda Kullanılan Bitkilerin Çeşitliliği: Edremit Körfezi (Balıkesir) Örneği

Diversity of Plants Used in Landscape in Tourism Settlements: Edremit Bay (Balıkesir) Example

Rıdvan POLAT^{1*}, Selami SELVİ²

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Balıkesir Üniversitesi, Altınoluk Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Rıdvan POLAT ORCID No: 0000-0003-0261-3671

Selami SELVİ ORCID No: 0000-0002-9959-6945

*Sorumlu yazar: rpolat@bingol.edu.tr

(Alınış: 28.05.2020, Kabul: 26.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

51

58

62

Farklı Kökenli Gübre Form ve Dozlarının Soya Fasulyesinin (*Glycine max. (L.) Merrill*) Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Effect of Different Fertilizer Forms and Doses on Seed Germination and Seedling Development of Soybean (*Glycine max. (L.) Merrill*)

Ali Rahmi KAYA^{1*}, Hatice Kübra ERDÖNMEZ¹

73

¹ Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
Ali Rahmi KAYA ORCID No: 0000-0003-0318-6034
Hatice Kübra ERDÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-4904-7638

*Sorumlu yazar: alirahmikaya@ksu.edu.tr

(Alınış: 01.05.2020, Kabul: 19.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

***Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae:Orthoptera) Türünün Sürü Oluşturma ve Bitkilere Zarar Durumunun Araştırılması**

***Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae:Orthoptera) Species of Swarm and Investigation of Damage to Plants**

Mustafa İLÇİN^{1*}, Ali SATAR²

80

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye
² Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
Mustafa İLÇİN ORCID No: 0000-0002-2542-9503
Ali SATAR ORCID No: 0000-0002-8008-6291

*Sorumlu yazar: milcin@bingol.edu.tr

(Alınış: 10.06.2020, Kabul: 15.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Çukurova Koşullarında Bazı Kum Darısı (*Panicum miliaceum L.*) Genotiplerinin Agromorfolojik ve Ot Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma

Agro-Morphological and Hay Quality Characteristics of Some Proso Millet (*Panicum miliaceum L.*) Genotypes Under Cukurova Conditions

Zeyni DAĞTEKİN¹, Rüştü HATİPOĞLU^{2*}, Celal YÜCEL³

84

¹ Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Tarım ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya/Türkiye
² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Adana/Türkiye
³ Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak/Türkiye
Zeyni DAĞTEKİN ORCID No: 0000-0003-3342-3117
Rüştü HATİPOĞLU ORCID No:0000-0002-7977-0782
Celal YÜCEL ORCID No:0000-0001-6792-5890

*Sorumlu Yazar: rhatip@cu.edu.tr

(Alınış: 19.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Determination of Biological Activity, Lipophilic and Volatile Organic Compounds of Bingöl Propolis Isolates

Bingöl Propolis İzolatlarının Biyolojik Aktivitesinin, Lipofilik ve Uçucu Organik Bileşenlerinin Belirlenmesi

Dilhun Keriman ARSERİM-UCAR^{1*}, İbrahim Halil GECİBESLER², Mert SUDAGIDAN³, İnan DURSUN^{4,5}, Veysel SÜZERER⁶, Ramazan SOLMAZ²

¹ Bingöl University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetics Department, Bingöl, Turkey

² Bingöl University, Faculty of Health Sciences, Occupational Health and Safety Department, Bingöl, Turkey

³ Konya Food and Agriculture University, Kit-Argem R&D Center, Konya, Turkey

⁴ Bingöl University, Unit of Pilot University Coordination Center, Bingöl, Turkey

⁵ Bingöl University, Center of Research and Application Center, Bingöl, Turkey

⁶ Bingöl University, Department of Pharmacy Sciences, Vocational School of Health Services, Bingöl, Turkey

Dilhun Keriman ARSERİM-UCAR ORCID No: 0000-0001-8011-5059

İbrahim Halil GECİBESLER ORCID No: 0000-0002-4473-2671

Mert SUDAGIDAN ORCID No: 0000-0002-3980-8344

İnan DURSUN ORCID No: 0000-0003-1717-8166

Veysel SÜZERER ORCID No: 0000-0001-5383-4613

Ramazan SOLMAZ ORCID No: 0000-0002-9295-1203

*Sorumlu yazar: kerimanarserim@gmail.com

(Alınış: 02.08.2020, Kabul: 21.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

92

Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri

The Effects of Heavy Metals on Soil, Plant, Water and Human Health

Caner YERLİ^{1*}, Talip ÇAKMAKCI¹, Üstün ŞAHİN², Şefik TÜFENKÇİ¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

Caner YERLİ ORCID No: 0000-0002-8601-8791

Talip ÇAKMAKCI ORCID No: 0000-0001-5815-1256

Üstün ŞAHİN ORCID No: 0000-0002-1924-1715

Şefik TÜFENKÇİ ORCID No: 0000-0002-3350-1085

*Sorumlu yazar: caneryerli@yyu.edu.tr

(Alınış: 11.04.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

103

Avokadoda Dünyada Yaygın Olarak Kullanılan Klonal Anaçlar ve Kullanım Nedenleri

Commonly Used Avocado Clonal Rootstocks in the World and Reasons Why They Are Used

Gizem GÜLER^{1*}, Hamide GÜBBÜK², M. Alper ARSLAN¹

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kampüs, Antalya

Gizem GÜLER ORCID No: 0000-0001-8763-5604

Hamide GÜBBÜK ORCID No: 0000-0003-3199-0660

M. Alper ARSLAN ORCID No: 0000-0003-4164-9984

*Sorumlu yazar: gizem.guler@tarimorman.gov.tr

(Alınış: 11.05.2020, Kabul: 24.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

115

(3 + 1) boyutlu Kadomtsev-Petviashvili (KP) Denkleminin Yeni Tam Çözümleri

New Exact Solutions of (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) Equation

Yusuf PANDIR^{1*}, Tural AĞIR²

¹ Yozgat Bozok University, Faculty of Arts & Science, Department of Mathematics, 66100, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, 66100 Yozgat, Türkiye

Yusuf Pandır ORCID No: 0000-0003-0274-7901

Tural Ağır ORCID No: 0000-0002-1521-7873

120

*Sorumlu yazar: yusuf.pandir@bozok.edu.tr

(Alınış: 03.05.20*, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Cüruf Üzerine Adsorpsiyonunun Araştırılması

Investigation of Adsorption Characteristics of Slag Removal of Crystal Violet, Cobalt (II) Nitrate and Chromium (III) Nitrate Molecules from Aqueous Solutions

Orhan ÜNAL^{1*}, Edip BAYRAM², Çağdaş KIZIL², Aytül ÜNAL³, Muhammet Veysel ANTEP³, Buse BAYRAM³

¹ Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Biyoloji. Böl., Antalya.

² Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Kimya. Böl., Antalya.

³ Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara

Orhan ÜNAL ORCID No: 0000-0001-9633-5726

Edip BAYRAM ORCID No: 0000-0001-9800-7451

Çağdaş KIZIL ORCID No: 0000-0003-1727-9610

Muhammet Veysel ANTEP ORCID No: 0000-0001-5509-7645

Buse BAYRAM ORCID No: 0000-0002-5193-3535

126

*Sorumlu yazar: ounal@akdeniz.edu.tr

(Alınış: 31.03.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Field-Dependent Charge Collection Model for Thin Film Organic Photovoltaics

İnce Film Organik Fotovoltaikler İçin Alana Bağlı Yük Toplama Modeli

Hasan KURT^{1*}

¹ İstanbul Medipol University, School of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, Turkey

Hasan Kurt ORCID No: 0000-0002-1677-644X

135

*Corresponding author: hasankurt@medipol.edu.tr

(Alınış: 06.05.2020, Kabul: 15.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Physical characteristics of n-Si/GaN thin films: effect of different N rates

n-Si / GaN ince filmlerin fiziksel özellikleri: farklı N oranı etkisi

Asim MANTARCI^{1*}

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Varto Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Muş, Türkiye

Asim MANTARCI ORCID No: 0000-0001-8369-3559

141

*Sorumlu yazar: a.mantarci@alparslan.edu.tr

(Alınış: 29.05.2020, Kabul: 13.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

FSS Wall Design for High Isolation MIMO Antenna Array

Yüksek İzolasyonlu MIMO anten dizisi için FSY duvar tasarımı

Bilal TÜTÜNCÜ^{1*}

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

Bilal TÜTÜNCÜ ORCID No: 0000-0002-7439-268X

*Sorumlu yazar: bilaltutuncu@yyu.edu.tr

(Alınış: 30.05.2020, Kabul: 05.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

148

3B Yazıcı Teknolojisi İçin Topoloji Optimizasyonu: N95 Maske Üzerine Bir Çalışma

Topology Optimization For 3D Printer Technology: A Study On The N95 Mask

Koray ÖZSOY^{1*}, Emre ŞENTÜRK², Duygu AYDOĞAN², Ömer Emre KORUCU²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Senirkent Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Koray ÖZSOY ORCID No: 0000-0001-8663-4466

Emre ŞENTÜRK ORCID No: 0000-0003-0574-1425

Duygu AYDOĞAN ORCID No: 0000-0002-1847-9633

Ömer Emre KORUCU ORCID No: 0000-0001-7598-5674

*Sorumlu yazar: korayozsoy@isparta.edu.tr

(Alınış: 18.06.2020, Kabul: 07.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

152

The Effect of Boric Acid on Mechanical Properties and Structural Characterization of Self-Compacting Concrete

Borik Asidin Kendiliğinden Yerleşen Betonun Mekanik Özellikleri ve Yapısal Karakterizasyonuna Etkisi

Emre PALTA¹, Hakan ÇAĞLAR^{2*}, Arzu ÇAĞLAR³

¹ Kastamonu General Directorate of Highways, Kastamonu, Turkey

^{2*} Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, Kırşehir, Turkey

³ Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, Kırşehir, Turkey

Emre PALTA ORCID No: 0000-0002-4456-0515

Hakan ÇAĞLAR ORCID No: 0000-0002-1380-8637

Arzu ÇAĞLAR ORCID No: 0000-0003-3928-8059

* Responsible Author: c.hakan@ahievran.edu.tr

(Alınış: 25.04.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

160

Rainwater Harvesting Potential in Public Buildings: A Case Study in Katip Celebi University

Kamu Binalarındaki Yağmur Suyu Hasat Potansiyeli: Katip Çelebi Üniversitesi Saha Çalışması

Hadia HAJJAR¹, İsmet Kaan KILINÇ¹, Erman ÜLKER^{1*}

¹ İzmir Katip Celebi University, Faculty of Architecture and Engineering, Civil Engineering, İzmir, Türkiye

Hadia HAJJAR ORCID No: 0000-0002-5968-4457

İsmet KILINÇ ORCID No: 0000-0003-1305-4457

Erman ÜLKER ORCID No: 0000-0001-9279-7288

167

*Corresponding author: erman.ulker@ikcu.edu.tr

(Alınış: 28.04.2020, Kabul: 23.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

TBDY 2018 Basitleştirilmiş Tasarım Kurallarının Taban Kesme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

Investigation of the Effect of TEC 2018 Simplified Design Rules on Base Shear Force

Bilal BALUN^{1*}, Ömer Faruk NEMUTLU², Ali SARI³

¹ Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Mimarlık Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Bilal BALUN ORCID No: 0000-0003-0906-4484

Ömer Faruk NEMUTLU ORCID No: 0000-0001-7841-3911

Ali SARI ORCID No: 0000-0002-6888-1276

173

*Sorumlu yazar: bbalun@bingol.edu.tr

(Alınış: 08.06.2020, Kabul: 15.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinin Güçlendirilmesi

Foundation Reinforcement of Historical Buildings

Seyhan FIRAT^{1*}, Nihat S. IŞIK¹, Emine SELÇUK²

¹ Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Seyhan FIRAT ORCID No: 0000-0003-3649-0999

Nihat S. IŞIK ORCID No: 000-0002-5104-9504

Emine SELÇUK ORCID No: 0000-0001-6358-3328

182

*Sorumlu yazar: sfirat@gazi.edu.tr

(Alınış: 21.06.2020, Kabul: 20.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

İç ve Dış Mekanlarda Ahşap Malzemelerin Mobilya ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı

The Use of Wood Materials As Furniture and Building Material in Interior and Outdoor Spaces

Mehmet ÇOLAK¹, Selim DEĞİRMENTEPE^{2*}

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Bingöl, Türkiye

Mehmet ÇOLAK ORCID No: 0000-0003-4780-587X

Selim DEĞİRMENTEPE ORCID No: 0000-0002-3686-4551

190

*Sorumlu yazar: sdegirmentepe@bingol.edu.tr

(Alınış: 02.09.2020, Kabul: 08.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)



Solhan (Bingöl) Florasının Arıcılık Açısından Değerlendirilmesi

Rıdvan POLAT^{1*}, Nevzat ESİM², Zeynep ÜRÜŞAN³, Ahmet CAF⁴, Mihriban AHISKALI⁵, Deniz CANLI³

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Pilot Üniversite Koordinasyon Merkezi, Bingöl, Türkiye

⁴ Bingöl Üniversitesi, Teknik bilimler Meslek yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

⁵ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye

Rıdvan POLAT ORCID No: 0000-0003-0261-3671

Nevzat ESİM ORCID No: 0000-0001-5121-092X

Zeynep ÜRÜŞAN ORCID No: 0000-0002-7749-5553

Ahmet CAF ORCID No: 0000-0002-4295-7703

Mihriban AHISKALI ORCID No: 0000-0003-0580-7594

Deniz CANLI ORCID No: 0000-0001-9794-8911

*Sorumlu yazar: rpolat@bingol.edu.tr

(Alınış: 18.08.2020, Kabul: 13.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
 Arıcılık,
 Flora,
 Polen atlas,
 Solhan,
 Bingöl.

Öz: Bingöl ili ülkemizin önemli arıcılık merkezlerinden biridir. Bu çalışmada; Solhan (Bingöl) yöresinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında arı konaklama alanları ve çevre alanlarda çok sayıda arazi gezisi düzenlenmiştir. Bu kapsamda arazide yapılan yoğun gözlemler ve bölgede arıcılık yapan kişilerle uygulanan anketler ışığında arıların nektar, polen ve diğer arı ürünleri için kaynak olarak kullandığı bitkiler kayıt altına alınmıştır. Araştırmalar sonucunda Solhan yöresinde arıcılık açısından önemli potansiyele sahip 25 bitki familyasına ait 100 bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 7'si endemiktir. En fazla taksona sahip familyalar; Asteraceae (31), Lamiaceae (15), Fabaceae (15), Rosaceae (4), Caprifoliaceae (3), Caryophyllaceae (3), Hypericaceae (3), Asparagaceae (2) şeklindedir. Ayrıca çalışmalar kapsamında arı bitkileri üzerine yapılan palinolojik değerlendirmelerle önemli bazı taksonların polen atlası hazırlanmıştır.

1

An Evaluation on Solhan (Bingöl/Turkey) Flora with Regard to Beekeeping

Keywords
 Beekeeping,
 Flora,
 Pollen atlas,
 Solhan,
 Bingöl.

Abstract: Bingöl is one of the important beekeeping centres of our country. In this study; within the scope of field studies in Solhan (Bingöl) region, many field trips were organized in apiaries and surrounding areas. In this context, the plants used by the bees as a source for nectar, pollen and other bee products were recorded by taking into consideration the intense observations in the field and the surveys conducted with the beekeepers in the region. As a result of the researches, 100 plant taxa belonging to 25 plant families with significant potential in terms of beekeeping were identified in Solhan region and 7 of these taxa are endemic. Families with the most taxa; Asteraceae (31), Lamiaceae (19), Fabaceae (15), Rosaceae (4), Caprifoliaceae (3), Caryophyllaceae (3), Hypericaceae (3), Asparagaceae (2). In addition, pollen atlas of some important local bee plants was prepared with palynological evaluations on bee plants.

1. GİRİŞ

Türkiye 814.578 km² lik yüz ölçümünde farklı coğrafik, topografik özellikler, karasal, akdeniz, okyanus iklim kuşaklarının etkisi altında bulunması ve özellikle de üç

fitocoğrafik bölgenin kesişme noktasında yer alması nedeniyle oldukça zengin bitki çeşitliliğine sahip bir ülkedir. Bu farklılıklar özel habitatların ve alt iklim bölgelerinin oluşmasını sağlayarak farklı yaşam alanları oluşturmuş ve Anadolu'da sadece flora çeşitliliğini değil

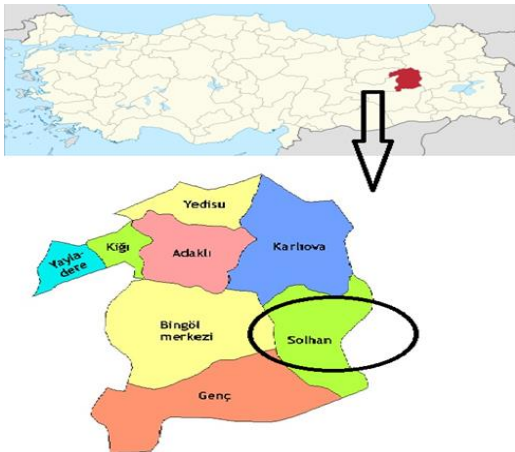
ayrıca zengin fauna çeşitliliğini de meydana getirmiştir [1].

Türkiye florası 3649'u yani yaklaşık olarak % 31,82' si endemik olan 11 707 taksona sahiptir. Her on günde bir yeni bir bitkinin keşfedildiği ülkemiz flora zenginliği açısından önemli bir coğrafyada yer almaktadır [2]. Ülkemiz florası doğal yayılış gösteren ve arıcılık yönünden önem arz eden pek çok bitki türüne ev sahipliği yapmaktadır. Dünyada mevcut olan ballı bitki çeşit ve türlerinin %75'ini bünyesinde barındırdığı düşünülen ülkemiz dünyada arıcılık bakımından söz sahibi olan ülkeler arasında yer almaktadır [3].

Arılar polen ve nektar kaynağı olarak çiçekli bitkileri ziyaret etmektedir. Arılar beslenmelerinde protein kaynağı olarak polenden faydalanırken, bal üretimi için çiçek nektarlarından faydalanmaktadır. Arıcılıkta yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek birçok faktöre bağlıdır. Güçlü bir arı kolonisi ve arı bitkileri açısından zengin bir flora verimi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle bitkisel kaynaklardan en etkin şekilde yararlanmayı sağlayacak bölgelerin tespit edilmesi ve floral kapasitelerinin belirlenmesi arı ürünlerinin üretiminde verimi ve kaliteyi olumlu yönde etkileyecektir [4].

TÜİK'in, 2019 yılı verilerine göre ülkemizde toplamda 7 929 368 yeni kovan bulunmakta ve 109 330 ton bal üretilmektedir. Bingöl ili istatistiklerine bakıldığında ise ilde toplamda 131 790 kovan bulunurken 1531,16 ton bal üretimi gerçekleştirilmektedir [5].

Bingöl, Doğu Anadolu Bölgesi Yukarı Fırat bölümünde konumlanmakta olup İran-Turan fitocoğrafik bölgesi içinde yer almaktadır. Floral zenginliği, iklimi ve yükselti farklılıkları ile arıcılık açısından yüksek potansiyele sahiptir [5]. Çalışma sahasını oluşturan Solhan ilçesi ilin doğusunda yer almakta olup 1395 m yüksekliğe sahiptir. Alanda bulunan en önemli dağlar Şerafettin dağlarıdır. Esentepe (2388 m) ve Şahin (2675 m) tepesi en yüksek noktalarını oluşturmaktadır. Çevkani, Kuçekan, Kandil, Ağması, Kabak ve Şerafettin yaylaları ise bölgenin en önemli yaylalarını oluşturmaktadır [6] (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının genel görüntüsü

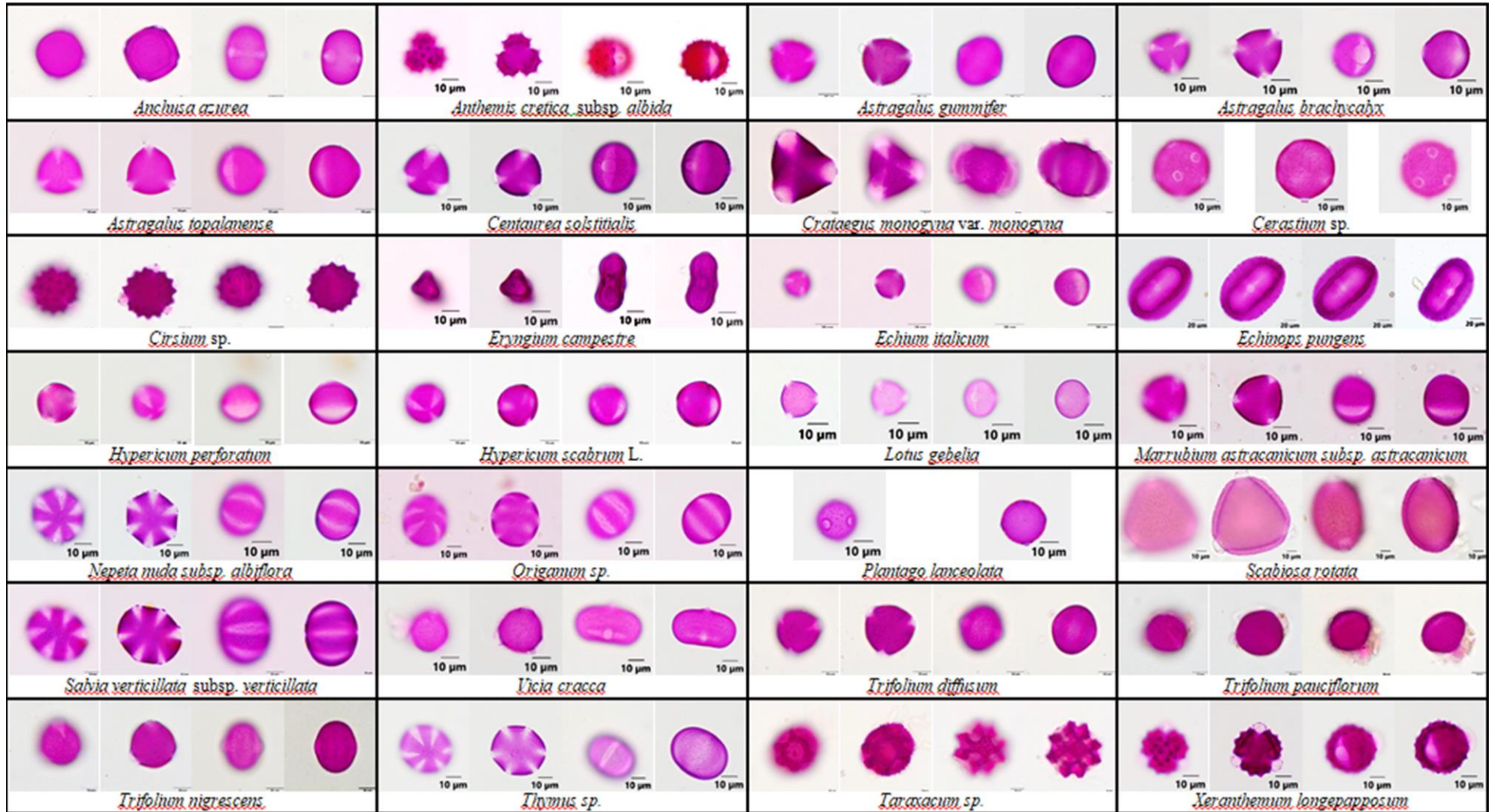
Solhan Bölgesinde arı florasının tespiti için çok sayıda arazi gezisi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Arazi gezileri çerçevesinde arı konaklama alanları ve çevresinde yoğun gözlemler ve yöredeki arıcılara arı bitkileri ile ilgili anket uygulaması yapılmıştır. Araştırmalar kapsamında yörede arıların sıklıkla ziyaret ettiği bitkilerin fotoğraflama ve örnek toplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Teşhis edilmiş bitkilerin palinolojik verileri fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır.



Şekil 2. Solhan yöresinden bazı arılık alanları

2. MATERYAL VE METOT

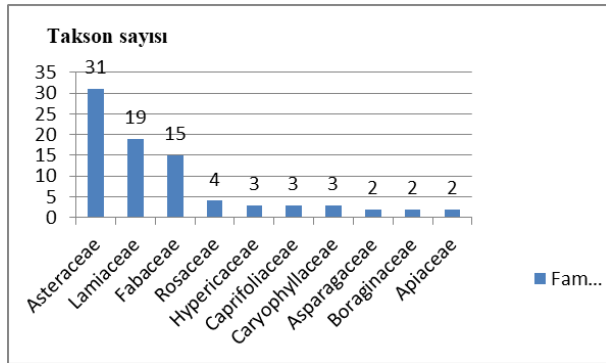
Çalışmanın materyalini, Solhan bölgesinde yapılan arazi çalışmaları, gözlemler ve arıcılara uygulanan anketler (Ek. 1) neticesinde toplanan arıların sıklıkla ziyaret ettiği bitkiler oluşturmaktadır. Arazi çalışmalarında toplanılan bitkiler herbaryum tekniklerine göre koleksiyon haline getirilmiş ve teşhisleri için Davis'in "Flora of Turkey and The East Aegean Islands" adlı kitapları kullanılmıştır [7]. Çalışmalar sonucunda tespit edilen arı bitkileri, ait oldukları familyaları baz alınarak alfabetik olarak sıralanmıştır (Tablo 1). Listede yer alan SP toplayıcı kodu Solhan ve Pikom'u (Pilot Üniversite Koordinasyon Merkez Birimi) ifade eden kısaltmalardır. Toplanan bitkilerden alınan çiçek örnekleri palinolojik olarak değerlendirilmiş olup en sık ziyaret edilen önemli bazı arı bitkilerinin ışık mikroskobu ile çekilmiş polen mikro fotoğrafları kullanılarak polen atlası hazırlanmıştır (Şekil 3). Ayrıca çalışma kapsamında arıların sıklıkla ziyaret ettiği bitkiler ile ilgili arıcılara uygulanan anketlerin istatistiksel analizleri hesaplanmıştır



Şekil 3. Polen mikrofotografaları

3. BULGULAR

Solhan ve çevresinde yapılan arazi gezileri sonucunda Hazarşah – Şerafettin dağları bölgesi, Yenibaşak - Kale çevresi, Tavz kuzey yamaçları - Gelintepe bölgesi, Mezra Şadon bölgesi, Beroj bölgesi, Arakonak bölgesi, Perğu/Asmakaya bölgesi yöredeki önemli arıcılık merkezleri olarak tespit edilmiştir. Araştırmalar sonucunda 25 familyaya ait 100 taksonun yörede arıcılık açısından önemli potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo. 1). Solhan yöresinde ballı bitki taksonlarının genellikle Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae, Rosaceae, Caprifoliaceae, Caryophyllaceae ve Hypericaceae familyalarında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. En fazla taksona sahip familyalar

4. SONUÇ

Çalışmamız sonucunda kaydedilen 25 familyaya ait 100 bitki taksonundan 7'si endemik ve 4'ü de lokal endemik olarak kaydedilmiştir. Endemik taksonlar; *Achillea schischkinii* Sosn., *Phlomis linearis* Boiss. & Balansa, *Potentilla anatolica* Peşmen'dir. Lokal endemik taksonlar ise *Astragalus topalanense* İlçim & Behçet, *Cirsium yildizianum* Arabacı & Dirmenci, *Lathyrus satdaghensis* P.H.Davis, *Malabaila lasiocarpa* Boiss.'dir (Tablo 1).

Arıların sıklıkla ziyaret ettiği bitkilerden en çok takson içeren ilk 5 familya sırasıyla şu şekildedir; Asteraceae (31), Lamiaceae (19), Fabaceae (15), Rosaceae (4), Caprifoliaceae (3), Caryophyllaceae (3) ve Hypericaceae (3). Çalışma sonuçları yakın bölgelerde yapılmış Behçet ve Yapar [9], Bakoğlu vd. [10] ve Öztürk ve Erkan [11] diğer araştırmalar ile karşılaştırıldığında ilk 5 familya bazında benzerlik göstermektedir (Tablo 2). Asteraceae, Lamiaceae ve Fabaceae bütün çalışmalarda ilk 5 familya arasında bulunmaktadır. Rosaceae familyası Bakoğlu vd. tarafından yapılan çalışmada ilk 5'te yer bulmazken diğer 3 çalışmada ilk 5 familya arasında bulunmaktadır. Solhan yöresinde yapılan yoğun alan gözlemleri ve anket çalışmaları Hypericaceae ve Caprifoliaceae familyalarının arıcılık açısından önemli olduğunu göstermektedir. Bu iki familya yakın ve çevre alanlarda yapılmış diğer araştırmalarda ilk 5 familya arasında yer almamaktadır.

Tablo 2. Yakın ve çevre alanlardaki araştırmalarla karşılaştırma

Araştırma	Çalışma Alanı	Tespit edilen takson Sayısı	İlk 5 familya
Solhan Florası Arı	Solhan İlçesi (Bingöl)	100	Asteraceae Lamiaceae Fabaceae Rosaceae Caprifoliaceae Hypericaceae
Behçet ve Yapar (2019)	Metan dağı çevresi (Bingöl)	211	Asteraceae Lamiaceae Fabaceae Rosaceae Apiaceae
Bakoğlu vd. (2013)	Bingöl	80	Asteraceae Fabaceae Apiaceae Lamiaceae Boraginaceae
Öztürk ve Erkan (2010)	Van	282	Fabaceae Asteraceae Lamiaceae Rosaceae Caryophyllaceae

Arıcılar ile yapılan anket çalışmaları sonucunda arıların sıklıkla ziyaret ettiği bitkilerin atfı sayıları (anketlerde ilgili bitkiyi yazan kişi sayısı) ve yüzdelik olarak arı bitkisi olarak bilinme oranları Tablo 3' de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Solhan bölgesindeki farklı alanlardan seçilen 15 arıcı ile yapılan anket sonuçlarına göre atfı sayısı en yüksek olan bitkiler 15 atfı olarak kekik taksonları (*Thymus kotschyanus*, *Thymus pubescens*), seven taksonları (*Astragalus gummifer*, *Astragalus brachycalyx*, üçgül/nefil taksonları (*Trifolium diffusum*, *T. nigrescens*, *T. pauciflorum*, *Trifolium resupinatum*) olarak belirlenmiştir. Bu taksonları ballıbaba olarak adlandırılan *Marrubium astracanicum* (12 atfı), *Nepeta nuda* (10 atfı), yörede tusi ismi ile bilinen *Eryngium campestre* (9 atfı), ve gezi ismi ile bilinen *Xeranthemum longepapposum* (9 atfı) olarak izlenmektedir (Tablo 3).

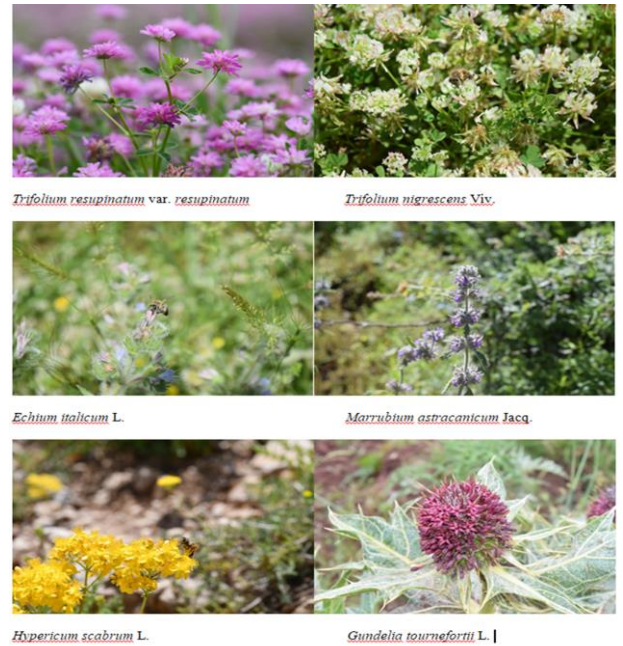
Tablo 3. Arıncılar ile yapılan anketlerin frekans ve yüzde değerleri

Arı bitkisi (yöresel isimler)	Bilimsel adı	Kaynak arıcı sayısı	Bilinme yüzdesi (%)
Geven, guni	<i>Astragalus gummifer</i> <i>Astragalus brachycalyx</i>	15	% 100
Diken, Teli	<i>Centaurea</i> sp.	4	% 26
Diken, Teli	<i>Cirsium</i> sp.	5	% 33
Beyaz çiçek	<i>Cerastium</i> sp.	4	% 26
Tusi, Kinger nevi	<i>Eryngium campestre</i>	9	% 60
Kırkor, Çakşır	<i>Ferulago</i> sp.	3	% 20
Kenger	<i>Gundelia tournefortii</i>	6	% 40
Kantaron	<i>Hypericum</i> sp.	8	% 53
Jehri	<i>Lotus</i> sp.	7	% 46
Ballıbaba	<i>Marrubium astracanicum</i>	12	% 80
Ballıbaba	<i>Nepeta nuda</i>	10	% 66
Kinger heron, diken	<i>Onopordum</i> sp.	3	% 20
Meşe, Mazer, Azgiler	<i>Quercus petrae</i>	4	% 26
Söğüt, Valer	<i>Salix</i> sp.	2	% 13
Ballıbaba	<i>Salvia</i> sp.	5	% 33
Gezi	<i>Scabiosa</i> sp.	7	% 46
Kekik, Onik	<i>Thymus</i> spp.	15	% 100
Nefil, Üçgül, Argud	<i>Trifolium</i> spp.	15	% 100
Gezi	<i>Xeranthemum longepapposum</i>	9	% 60

Araştırma alanında tespit edilen bitkilerin büyük çoğunluğunun arılar tarafından nektar ve polen kaynağı olarak kullanıldığı görülmektedir. Bununla beraber yörede gez adı verilen genellikle Mayıs - Haziran döneminde görülen ve nem oranının yüksek olduğu günlerde *Quercus* (meşe), *Juglans regia* L. (ceviz) vb. ağaç formlarının yapraklarında bir tür böcek etkisiyle oluştuğu düşünülen salgı yörede bilinen bir durumdur (Şekil 5). Bu salgının arılar tarafından toplandığı ve özellikle meşe salgısının yoğun olduğu dönemlerde oldukça koyu renkli (siyaha yakın) bir tür salgı balı elde edildiği arıncılar arasında çokça bilinmektedir. Bu salgı oluşan meşe yapraklarının eski dönemlerde halk tarafından çokça toplanıp kaynatıldıktan sonra meşe pekmezi yapıldığı bilgisi de çalışmada ayrıca kayıt edilmiştir.

**Şekil 5.** *Quercus petrae* (Meşe) yapraklarında görülen gez (salgı) durumu

Solhan arı florası çeşitliliği bakımından zengin bir bölge olup, mevcut olan arıcılık uygulamaları için arı florası türlerinin korunması gerekmektedir. Çalışma alanında arıların ziyaret edip bal materyali aldıkları bitkiler yükseltilere (dağ etekleri, yaylalar) ve mevsimlere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Araştırma alanında yapılan çalışmalar arıların ziyaret yoğunluğu ve arıncılarla yapılan görüşmeler göz önünde bulundurulduğunda yörede bazı taksonların arı bitkisi (ballı bitki) olarak daha çok ön plana çıktığı görülmektedir. Çiçeklenme dönemleri uzun, çiçek yapıları arılara daha uygun ve yörede geniş yayılışa sahip olan taksonlar arılar tarafından daha sık ziyaret edilen bitkilerdir; *Anchusa azurea*, *Anthemis cretica* L. subsp. *albida*, *Astragalus gummifer*, *Astragalus brachycalyx*, *Centaurea solstitialis*, *Crataegus monogyna* Jacq. var. *monogyna*, *Cerastium* sp., *Cirsium* sp., *Eryngium campestre*, *Echium italicum*, *Echinops pungens*, *Hypericum perforatum*, *H. scabrum*, *Lotus corniculatus*, *Lotus gebelia*, *Marrubium astracanicum* subsp. *astracanicum*, *Nepeta nuda* subsp. *albiflora*, *Origanum* sp., *Plantago lanceolata*, *Scabiosa rotata*, *Salvia verticillata* subsp. *verticillata*, *S. multicaulis*, *Vicia cracca*, *Trifolium diffusum*, *T. pauciflorum*, *T. nigrescens*, *Thymus* sp., *Taraxacum* sp., ve *Xeranthemum longepapposum* bu kapsamda yörede ön plana çıkan taksonlardır. (Şekil 6).

**Şekil 6.** Solhan yöresinden bazı önemli arı bitkileri

Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Programı (Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma Alanında) tarafından (Proje no: PİKOM-Bitki.2018.002) desteklenmiştir

KAYNAKLAR

- [1] Gökyiğit A N. Türkiye'nin Biyolojik Zenginliği ve Korunması. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları, 2013.
- [2] Güner A. (ed.) Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi 1, İstanbul, 333-337, 2012.
- [3] Sıralı Y D. Arıcılığın Türkiye İçin Önemi. Arıcılık Araştırma Dergisi Sayı 4; 3- 4, 2010.
- [4] Doğaroğlu M. Genç F. Üretim kolonilerinin verimliliği ile ilgili bakım ve yönetim sorunları. Türkiye II. Teknik Arıcılık Kongresi, 101-107, Ankara, 1994.
- [5] TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2020. (www.tuik.gov.tr)
- [6] Sandal E K. Kan C. Bingöl İli'nde Arıcılık Faaliyetleri. Türk Coğrafya Dergisi, 60, 1-12, 2013.
- [7] Davis, P H. Flora of Turkey Volume1- 9. Edinburg University Press, Edinburg, 1967.
- [8] Davis, P H. Flora of Turkey. Volume 10. Edinburg University Press, Edinburg, 1988.
- [9] Behçet L, Yapar Y. Matan Dağı (Bingöl) florasında arıcılık açısından önemli bitkiler, Biological Diversity and Conservation, 12/1, 149-159, 2019.
- [10] Bakoğlu A, Kutlu M A, Kökten K. Bingöl yöresinde bal arısı (Apis mellifera L.) için önemli olan bitkilerin tespiti, ömür uzunlukları ve çiçeklenme tarihleri. Türkiye 10. Tarla bitkileri kongresi. DOI: 10.13140/RG.2.1.5027.8807. 2013.
- [11] Öztürk F, Erkan C. Bee plants of Van lake basin (Turkey). International Journal of Botany, 6(2), 101- 106, 2010.

Ekler

Ek A. Arı florası belirme anketi

Konuşulan Kişinin Adı Soyadı:				
Yaşı:				
Eğitim Durumu:				
Yaşadığı Yer:				
Arıcılık Süresi:				
Gezici Arıcı Olup Olmadığı:				
Kovan Sayısı:				
Telefon:				
Tarih:				
Arıların Sevdiği Otlar	Polen/Nektar	Çiçeklenme Dönemi	Lokalite	Bitkinin bildiğiniz diğer kullanım alanları

Tablo 1. Solhan Bölgesi'nde tespit edilen arı bitkileri listesi.

Takson	Familyası	Yöresel İsimler	Çiçeklenme periyodu (Ay)	Arıcılık açısından önemi	Toplayıcı numarası
1. <i>Acanthus dioscoridis</i> L.	Acanthaceae		6-7	Polen	SP382
2. <i>Heracleum persicum</i> Desf.	Apiaceae	Helerg	6-7	Nektar/Polen	SP205
3. <i>Eryngium campestre</i> L.	Apiaceae	Tusi, Kinger nevi	5-7	Nektar/Polen	SP340
4. <i>Malabaila lasiocarpa</i> Boiss. *	Asparagaceae		6-8	Polen	SP68
5. <i>Ornithogalum narbonense</i> L.	Asparagaceae	Zulk	4-6	Nektar/Polen	SP229
6. <i>Achillea millefolium</i> L. subsp. <i>millefolium</i>	Asteraceae	Zerik	6-9	Nektar/Polen	SP136
7. <i>A. schischkinii</i> Sosn. *	Asteraceae	Zerik	5-7	Nektar/Polen	SP184
8. <i>A. tenuifolia</i> Lam.	Asteraceae	Zerik	5-8	Nektar/Polen	SP27
9. <i>A. vermicularis</i> Trin.	Asteraceae	Zerik	6-9	Nektar/Polen	SP200
10. <i>Anthemis cretica</i> L. subsp. <i>albida</i> (Boiss.) Grierson	Asteraceae	Papatya	5-7	Nektar/Polen	SP58
11. <i>Bellis perennis</i> L.	Asteraceae	Papatya	3-8	Polen	SP02
12. <i>Carduus nutans</i> L. subsp. <i>nutans</i>	Asteraceae	Eşek dikenli	5-8	Nektar/Polen	SP135
13. <i>Centaurea iberica</i> Trev. ex Sprengel	Asteraceae	Teli	7-8	Nektar/Polen	SP380
14. <i>Centaurea saligna</i> (K.Koch) Wagenitz*	Asteraceae	Talık	7-8	Nektar/Polen	SP381
15. <i>Centaurea solstitialis</i> L. subsp. <i>solstitialis</i>	Asteraceae	Teli	6-8	Nektar/Polen	SP258
16. <i>C. spectabilis</i> (DC.) Sch. Bip. var. <i>spectabilis</i>	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP107
17. <i>C. spectabilis</i> (DC.) Sch. Bip. var. <i>microlopha</i> (Boiss.) Wagenitz	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP212
18. <i>C. virgata</i> Lam.	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP266
19. <i>Cichorium</i> sp.	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP376
20. <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	Asteraceae	Kinger	6-7	Nektar/Polen	SP48
21. <i>Cirsium yildizianum</i> Arabacı & Dirmenci*	Asteraceae	Kinger heron	7-8	Nektar/Polen	SP351
22. <i>Cota altissima</i> (L.) J.Gay	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP34
23. <i>Crepis sancta</i> (L.) Bornm. subsp. <i>obovata</i> (Boiss. & Noë) Babç.	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP44
24. <i>Cyanus triumfettii</i> (All.) Dostál ex Á. Löve & D. Löve subsp. <i>triumfettii</i>	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP24
25. <i>Echinops pungens</i> Trautv. var. <i>pungens</i>	Asteraceae	Herguet	6-8	Nektar/Polen	SP379
26. <i>Echinops</i> sp.	Asteraceae	Herguet	6-7	Nektar	SP344
27. <i>Gundelia tournefortii</i> L. var. <i>tournefortii</i>	Asteraceae	Kinger	6-7	Nektar	SP77
28. <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench. subsp. <i>rubicundum</i> (K.Koch) P.H.Davis & Kupicha	Asteraceae	Sesum	6-7	Nektar	SP194
29. <i>H. plicatum</i> DC. subsp. <i>polyphyllum</i> (Ledeb.) P.H.Davis & Kupicka	Asteraceae		6-7	Nektar	SP241
30. <i>H. plicatum</i> DC. subsp. <i>pseudoplicatum</i> (Nábělek) P.H. Davis & Kupicka	Asteraceae		6-7	Nektar	SP280
31. <i>Leontodon asperimus</i> (Willd.) Endl.	Asteraceae		6-7	Nektar/Polen	SP183

32.	<i>Onopordum acanthium</i> L.	Asteraceae	Kinger heron	6-7	Nektar/Polen	SP346
33.	<i>Onopordum candidum</i> Nábělek	Asteraceae	Kinger	6-7	Nektar/Polen	SP272
34.	<i>Taraxacum fedtschenkoi</i> Hand.-Mazz	Asteraceae		5-6	Polen	SP264
35.	<i>Tussilago farfara</i> L.	Asteraceae		5-6	Nektar/Polen	SP1
36.	<i>Xeranthemum longepapposum</i> Fisch. & C.A.Mey.	Asteraceae	Gezi	6-8	Nektar/Polen	SP370
37.	<i>Anchusa azurea</i> Mill. var. <i>azurea</i>	Boraginaceae	Gelzun	5-7	Nektar/Polen	SP20
38.	<i>Echium italicum</i> L.	Boraginaceae	Arı otu	6-7	Nektar/Polen	SP53
39.	<i>Aethionema grandiflorum</i> Boiss. & Hohen.	Brassicaceae		6-7	Polen	SP126
40.	<i>Campanula involucrata</i> Aucherex A.DC.	Campanulaceae		6-7	Nektar/Polen	SP79
41.	<i>Scabiosa calocephala</i> Boiss	Caprifoliaceae	Gezi Süpürge otu	6-7	Nektar/Polen	SP42
42.	<i>S. columbaria</i> L. subsp. <i>columbaria</i> var. <i>columbaria</i>	Caprifoliaceae	Gezi Süpürge otu	6-7	Nektar/Polen	SP120
43.	<i>S. rotata</i> M. Bieb.	Caprifoliaceae	Gezi Süpürge otu	6-7	Nektar/Polen	SP50
44.	<i>Cerastium</i> sp.	Caryophyllaceae		6-7	Nektar/Polen	SP372
45.	<i>Silene compacta</i> Fisch. ex Hornem.	Caryophyllaceae	Dolma hatun	5-7	Polen	SP128
46.	<i>S. spergulifolia</i> (Desf.) M.Bieb.	Caryophyllaceae		5-7	Polen	SP39
47.	<i>Convolvulus lineatus</i> L.	Convolvulaceae		6-7	Nektar/Polen	SP118
48.	<i>Sedum</i> sp.	Crassulaceae		6-7	Polen	SP350
49.	<i>Euphorbia esula</i> L. subsp. <i>tommasiniana</i> (Bertol.) Kuzmanov	Euphorbiaceae		6-7	Nektar/Polen	SP70
50.	<i>Astragalus brachycalyx</i> Fisch. ex Boiss.	Fabaceae	Heşgun, tırgu, Acı geven	7-8	Nektar/Polen	SP378
51.	<i>Astragalus gummifer</i> Labill.	Fabaceae	Geven, Guni	6-7	Nektar/Polen	SP275
52.	<i>Astragalus onobrychis</i> L.	Fabaceae	Geven	6-7	Nektar/Polen	SP129
53.	<i>Astragalus topalanense</i> İlçim & Behçet *	Fabaceae	Geven	6-7	Nektar	SP18
54.	<i>Astragalus caspicus</i> M.Bieb.	Fabaceae	Geven	6-7	Nektar	SP368
55.	<i>Lathyrus satdaghensis</i> P.H.Davis*	Fabaceae	Karvıl	6-7	Nektar/Polen	SP398
56.	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Fabaceae	Jehri,, Karvıl	5-7	Nektar/Polen	SP343
57.	<i>Lotus gebelia</i> Vent. var. <i>gebelia</i>	Fabaceae	Jehri, Karvıl	5-7	Nektar/Polen	SP111
58.	<i>Medicago lupulina</i> L.	Fabaceae		5-6	Nektar/Polen	SP105
59.	<i>Securigera orientalis</i> (Mill.) Lassen subsp. <i>orientalis</i>	Fabaceae		5-6	Nektar	SP25
60.	<i>Trifolium diffusum</i> Ehrh.	Fabaceae	Nefil, Üçgül Argud	5-6	Nektar/Polen	SP86
61.	<i>T. nigrescens</i> Viv. subsp. <i>nigrescens</i>	Fabaceae	Nefil, Üçgül Argud	5-6	Nektar/Polen	SP85

62.	<i>T. pauciflorum</i> d'Urv.	Fabaceae	Nefil, Üçgül Argud	5-6	Nektar/Polen	SP36
63.	<i>T. resupinatum</i> L.	Fabaceae	Nefil, Üçgül Argud	5-6	Nektar/Polen	SP369
64.	<i>Vicia cracca</i> L.	Fabaceae	Mercur, Holoz, Kewlu	5-6	Nektar/Polen	SP349
65.	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	Fagaceae	Meşe, Mazer	6-7	Salgı	SP375
66.	<i>Hypericum lydiu</i> m Boiss.	Hypericaceae	Kantaron	5-7	Nektar/Polen	SP63
67.	<i>H. scabrum</i> L.	Hypericaceae	Kantaron	5-7	Nektar/Polen	SP339
68.	<i>H. perforatum</i> L.	Hypericaceae	Kantaron	5-8	Nektar/Polen	SP64
69.	<i>Lamium macrodon</i> Boiss. & Huet	Lamiaceae		4-6	Nektar/Polen	SP5
70.	<i>Marrubium astracanicum</i> Jacq. subsp. <i>astracanicum</i>	Lamiaceae	Ballıbaba	5-9	Nektar/Polen	SP110
71.	<i>Mentha longifolia</i> (L.) L. subsp. <i>longifolia</i>	Lamiaceae	Pune Nane	6-8	Nektar/Polen	SP206
72.	<i>Nepeta nuda</i> L. subsp. <i>albiflora</i> (Boiss.) Gams	Lamiaceae	Ballıbaba	6-8	Polen	SP195
73.	<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>gracile</i> (K.Koch) Iestw.	Lamiaceae	Onık Kekik	6-10	Nektar/Polen	SP208
74.	<i>Phlomis linearis</i> Boiss. & Balansa *	Lamiaceae		5-8	Polen	SP230
75.	<i>Phlomis pungens</i> Willd.	Lamiaceae		6-7	Nektar/Polen	SP374
76.	<i>Phlomis rigida</i> Labill.	Lamiaceae		6-7	Polen	SP377
77.	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Lamiaceae		5-9	Polen	SP202
78.	<i>Salvia frigida</i> Boiss.	Lamiaceae		5-7	Nektar/Polen	SP67
79.	<i>Salvia multicaulis</i> Vahl	Lamiaceae		4-7	Nektar/Polen	SP73
80.	<i>Salvia verticillata</i> L. subsp. <i>verticillata</i>	Lamiaceae		6-8	Nektar/Polen	SP253
81.	<i>Salvia virgata</i> Jacq.	Lamiaceae		7-8	Nektar/Polen	SP383
82.	<i>Satureja hortensis</i> L.	Lamiaceae		6-9	Nektar/Polen	SP257
83.	<i>Stachys annua</i> (L.) L. subsp. <i>annua</i> var. <i>annua</i>	Lamiaceae		4-9	Nektar/Polen	SP182
84.	<i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl var. <i>lavandulifolia</i>	Lamiaceae	Çaye que Dağ çayı	5-8	Nektar/Polen	SP51
85.	<i>Teucrium orientale</i> L. var. <i>puberulens</i> Ekim	Lamiaceae		6-9	Nektar/Polen	SP276
86.	<i>Thymus kotschyanus</i> Boiss. & Hohen.	Lamiaceae	Onık Kekik	6-8	Nektar/Polen	SP373
87.	<i>T. pubescens</i> Boiss. & Kotschy ex Celak	Lamiaceae	Onık Kekik	6-8	Nektar/Polen	SP186
88.	<i>Alcea apterocarpa</i> Boiss.	Malvaceae	Hatmi, Hiri	5-8	Nektar/Polen	SP52
89.	<i>Papaver dubium</i> L. subsp. <i>dubium</i>	Papaveraceae		4-6	Polen	SP56
90.	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	Pel heves Sinir otu	4-9	Polen	SP104
91.	<i>Acantholimon calvertii</i> Boiss. var. <i>calvertii</i>	Plumbaginaceae	Gingil, Prongol	6-7	Nektar	SP177
92.	<i>Acantholimon armenum</i> Boiss. & Huet.	Plumbaginaceae	Gingil	7-8	Nektar	SP384
93.	<i>Rumex acetocella</i> L.	Polygonaceae	Tırşık	4-6	Polen	SP174

94.	<i>Ranunculus kochii</i> Ledeb.	Ranunculaceae		4-7	Polen	SP15
95.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. var. <i>monogyna</i>	Rosaceae	Sinz Sez	4-6	Nektar/Polen	SP33
96.	<i>Potentilla anatolica</i> Peşmen *	Rosaceae		5-8	Nektar/Polen	SP271
97.	<i>Prunus divaricata</i> Ledeb. var. <i>divaricata</i>	Rosaceae	Alıç	4-5	Nektar/Polen	SP222
98.	<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	Sırgul Kuşburnu	5-7	Nektar/Polen	SP223
99.	<i>Salix</i> spp.	Salicaceae	Valer	5-6	Nektar/Polen/Propolis	SP371
100.	<i>Urtica</i> spp.	Urticaceae	Gezgezik Deriznek	6-7	Nektar/Polen	SP342



Çapakçur Vadisi (Bingöl-Türkiye)'nin Monokotil Petaloitleri

Lütfi BEHÇET¹, Yakup YAPAR^{1*}

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bingöl, Türkiye

Lütfi BEHÇET ORCID No: 0000-0001-8334-7816

Yakup YAPAR ORCID No: 0000-0002-5298-0085

*Sorumlu yazar: yyapar25@gmail.com

(Alınış: 29.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
 Petaloid,
 Monokotil,
 Endemik,
 Geofit,
 Bingöl

Öz: Bu çalışmada; Çapakçur vadisinde yayılışı olan monokotil petaloit bitkiler verilmiştir. 2012-2020 yılları arasında söz konusu vadiden; tek çenekli olup, petalimsi çiçek örtüsüne sahip bitkilerle ilgili yaptığımız araştırma sonucunda; 11 familya ve 29 cinse ait toplam 87 takson tespit edilmiştir. Alanda belirlenen taksonların 12'si (*Allium armenum*, *A. pictistamineum*, *A. sivasicum*, *Arum rupicola* var. *rupicola*, *Bellevalia gracilis*, *B. modesta*, *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*, *Iris sari*, *Fritillaria armena*, *Cephalanthera kotschyana*, *Dactylorhiza osmanica* var. *anatolica*, *D. osmanica* var. *osmanica*) endemiktir. Belirlenen taksonlardan 5 tanesi B8 karesi için yeni kayıttır. 87 taksonun ait olduğu ilk 5 familya Amaryllidaceae (18 takson), Liliaceae (17 takson), Asparagaceae (16 takson), Orchidaceae (16 takson) ve Iridaceae (9 takson)'dir. Bitkilerin toprak altı gövde tiplerine göre dağılımı 56 takson soğanlı (bulb), 14 takson tuberli, 7 takson rizomlu ve 8 takson kormlu dur. Taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı; 45'i (%51.7) İran-Turan, 15'i (%17.3) Akdeniz, 4'ü (% 4.6) Avrupa-Sibirya ve 23'ü (%26.4) yaygın ya da dahil olduğu fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen şeklindedir.

Petaloid Monocotyledonous of Çapakçur Valley (Bingöl-Turkey)

Keywords
 Petaloid,
 Monocotyl,
 Endemic,
 Geophyte,
 Bingöl

Abstract: In this study, monocotyl petaloid plants that spread in Çapakçur valley are given. Between 2012-2020, from the said valley; as a result of our research on monocotyled plants with petaloid flowers; A total of 87 taxa belonging to 11 families and 29 genera were determined. 12 of the taxa determined in the area are endemic (*Allium armenum*, *A. pictistamineum*, *A. sivasicum*, *Arum rupicola* var. *rupicola*, *Bellevalia gracilis*, *B. modesta*, *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*, *Iris sari*, *Fritillaria armena*, *Cephalanthera kotschyana*, *Dactylorhiza osmanica* var. *anatolica*, *D. osmanica* var. *osmanica*). 5 of the determined taxa are new records for B8 square. The first 5 families to which 87 taxa belong are Amaryllidaceae (18 takson), Liliaceae (17 takson), Asparagaceae (16 takson), Orchidaceae (16 takson) and Iridaceae (9 takson). The distribution of plants according to subterranean stem types are 56 taxa bulbs, 14 taxa tubers, 7 taxa rhizomes and 8 taxa corms. Distribution of taxa by phytogeographic regions; 45 (51.7%) Iran-Turan, 15 (17.3%) Mediterranean, 4 (4.6%) Europe-Siberia and 23 (26.4%) common or unknown phytogeographic regions.

1. GİRİŞ

Türkiye, yüz ölçümüne oranla dünyadaki birçok ülkeye nispeten zengin bir bitki çeşitliliğine (yaklaşık 12000 takson) sahiptir. Bunun başlıca sebepleri iklim özelliklerinin yanı sıra farklı fitocoğrafik bölgelerin kesişim noktasında olması, yükselti farklılıkları ve habitat çeşitliliğidir [1].

Dikotil bitkilerin büyük çoğunluğunda çiçek örtüsü (periant) göz alıcı, gösterişli özellikte iken; monokotil grubunun önemli bir kısmını teşkil eden Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae gibi familya üyelerinde çiçek örtüsü; indirgenmiş ve dikkati çekmeyen, bazen de hiç gelişmeyen bir yapı halindedirler[2].

Monokotil bitkilerden olup gösterişli çiçek örtüsüne sahip familyalardan Orchidaceae dünyada en fazla üyeye sahip tohumlu bitki familyasıdır [3]. Fakat Türkiye'de bu

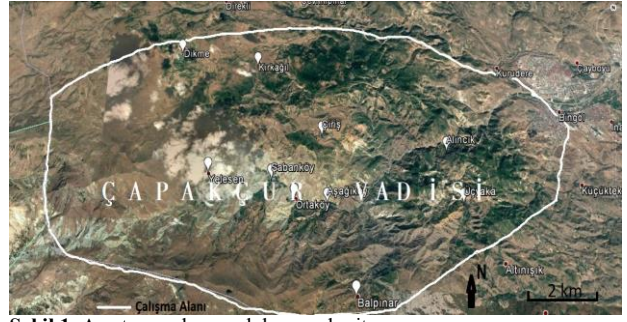
familya en fazla üyeye sahip ilk 10 familya arasında da yer almamaktadır [4]. Bunun sebebi bu familya üyelerinin ekolojik isteklerinin ülkemiz ekolojisi ile daha düşük oranda örtüştüğünü düşündürse de; bu familya üyelerinin gerçek dağılışı (koroloji) durumlarının ülkemizde yeteri kadar araştırılmamış olmasının da etkisi vardır.

Petaloid flora, genelde geofit (kriptofit) hayat formuna sahip olup; soğan, soğancık, korm, yumru ve rizomla üreyen bitkilerden oluşur. Anadolu; sahip olduğu 80 geofitik eğrelti, 1200-1500 dikotiledon geofit, 250-300 apetaloid monokotiledon geofit ve 1000 civarında petaloid geofitler ile dünyanın en önemli geofit merkezlerindedir [5].

Petaloid monokotil bitkiler sepal (çanak yaprak) ve petal (taç yaparak) ayrımı olmayan renk ve şekil olarak petale (taç yapark) benzeyen çiçek örtüsüne sahip monokotil geofit bitkilerdir. Petaloid monokotil bitki taksonları; ekonomik, gıda ve tıbbi özellikleri yanında süs bitkisi olarak da dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır [6, 7, 8, 9]. Soğan, soğancık, korm, yumru ve rizomla daha kolay üretilebilen (Tohumla bu bitkileri üretmek daha zor olup; uzun zaman ve emek istediğinden) bu bitkilerin üreme organları, tabiatın tehlikeli boyutlarda toplanıp kaçak olarak ticareti de yapılabilmektedir. Bazı süs bitkileri ıslah edilerek daha dayanıklı ve uzun ömürlü olmalarını sağlamak için de bu petaloid monokotil taksonlarından faydalanılmaktadır. Dolayısı ile petaloid monokotil bitki taksonlarının yayılış sahalarının bilinmesi; bunlarla ilgili yapılacak çeşitli çalışmalarla önemli katkı sağlayacaktır. Belirtilen konulara katkı sağlayacağı düşüncesi ile bu çalışma hazırlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çapakçur vadisi (Şekil 1.) Bingöl il merkezinden başlayıp kuzey batı yönünde Elazığ il sınırına kadar uzanan, yüksekliği 1050 m den başlayıp 2400 m'lere kadar çıkan ve Yelesen köy çevreleri yoğun erozyona maruz kalan bir bölgedir. Bingöl, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin kesişim noktasında yer almaktadır. Güneyde Diyarbakır, kuzeyde Erzurum, doğuda Muş ve batıda Elazığ illeri bulunmaktadır. İklim bakımından her iki bölgenin özellikleri taşımaktadır. Yıllık yağış miktarı 946.5 mm olan Bingöl [10, 11] (Tablo 1.); çevresindeki illerin aldığı yağışın 2 mislinden daha fazla yağış almaktadır. Diğer taraftan güneyden gelen yüksek sıcaklık etkisi ve kuzeyden gelen soğuk iklimin etkisi Bingöl ekolojisinin faklı olmasındaki en önemli nedenler arasında sayılabilir.



Şekil 1. Araştırma alanının lokasyon haritası

Çapakçur vadisinde orman ve bozuk orman formasyonundaki meşelerin yanısıra step formasyonda hakim örtüyü gevenler oluşturmaktadır. Vadide İl merkezinin kuzeyi, Alıncak Aşağıköy, Topalan ve Çirişli köyleri çevrelerinde meşeler (*Quercus petrae* ve *Q. libani*) hakimken, Yelesen, Şaban ve Ortaköy köyleri ve yüksek rakımlarda yastık formu bitkilerin (*Astragalus* ssp, *Verbascum* ssp, *Thymus* ssp., *Acantholimon* ssp. üyeleri) hakim olduğu stepler geniş yer tutmaktadır.

Tablo 1. Araştırma alanının Biyoiklim tipleri ve bunlar ile ilgili veriler

İSTASYON	Yükseklik (m)	P (mm)	M °C	m °C	Q	PE	S	Biyoiklim Katı
BİNGÖL	1151	946,5	34,4	-6,1	81,3	30,4	0,8	Az Yağışlı, Çok Soğuk Akdeniz iklimi

P= Yıllık yağış miktarı, M= En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması m= En soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması, Q: Emberger yağış sıcaklık emsali, PE: Yaz yağışı ortalaması, S: kurak devre



Şekil 2. Çapakçur vadisinden genel bir görünüm

Bu çalışmanın materyalini; 2012-2020 tarihleri arasında Çapakçur vadisinden toplanan monokotil petaloid bitkiler oluşturmaktadır. Alandan toplanan bitkiler çeşitli floristik eserler kullanılarak teşhis edilmiştir [12,13,14,15]. Belirlenen bitkilerin otör ve türkçe isimleri, endemizm durumları, firocoğrafik bölgeleri ve geçerli güncel isimleri, durumları Türkiye Bitkileri Listesi-Damarlı Bitkiler [16] adlı çalışmadan kontrol edilerek verilmiştir. Endemik bitkilerin tehlike kategorileri Türkiye Bitkileri Kırmızı kitabından kontrol edilerek yazılmıştır [17]. Bitki listesi APG IV [18] sistemine göre harf sırasına ile verilmiştir. Lokalite bilgileri verilirken köy, mevki, habitatu, yükseklik,

toplama tarihi, toplayıcı rumuz (LY*, B*) ve numarası, endemizm durumu, fitocoğrafik bölge elementi ve toprak altı gövde tipleri (soğan, bulb, korm, tuber, rizom) sırası izlenerek yazılmıştır. Araştırma alanımızın iklimi Bingöl, istasyonundan alınan meteorolojik verilere göre hesaplanıp değerlendirilmiştir. Bütün bitkiler Çapakçur vadisi (Bingöl) içerisinde toplanmış olduğundan lokalite bilgileri başına tekrar olmaması için Bingöl: Çapakçur vadisi yazılmamıştır. Bazı taksonlardaki varyasyon durumları taksonun lokalite bilgilerinden sonra italik olarak verilmiştir. B8 karesi için yeni olan taksonların başına * işareti konularak verilmiştir [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. Verilen taksonlara ait örnekler; Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Herbaryumunda (BIN) saklanmaktadır.

*LY (toplayıcı rumuzu) kısaltması Lütfi BEHÇET ve Yakup YAPAR, B (toplayıcı rumuzu) kısaltması Lütfi BEHÇET'i ifade etmektedir.

3. BULGULAR

1. ALISMATACEAE

1. *Alisma lanceolatum* With /kurbağakaşığı

Metan köyü girişi, sulak alan, 1967 m, 09.08.2018, LY16286, soğan.

2. AMARYLLIDACEAE

2. *Allium ampeloprasum* L. /pırasa

Şaban köyü kuzeybatısı, step, 1500-1600 m, 30.05.2018, LY15044a, Akdeniz elementi, soğan.

3. *A. armenum* Boiss. & Kotschy /pembe sıırım (Şekil 3.)

Bingöl merkez mezarlık batısı, yamaçlar, 1400-1500 m, 20.05.2012, B7684, **Endemik**, İran-Turan Elementi, soğan.



Şekil 3. *Allium armenum* Boiss. & Kotschy (A-infloresans, B- Habit)

4. *A. cardiostemon* Fisch. & C.A.Mey. /yamaç körmeni

Alıncak köyüne 2 km kala (Bingöl mirzan mah. Giden yol), step yamaçlar, 1430-1450 m, 06.06.2018, LY15198, İran-Turan Elementi, soğan.

5. *A. commutatum* Guss. /itdirseği

Yelesen köyü kuzeyi, step yamaçlar, 1780-1900, 12.07.2017, B12398, Akdeniz elementi, soğan.

6. *A. dictyoprasum* C.A.Mey. ex Kunth /top soğan

Alıncak-Aşağıköy arası, yolun solundaki vadi, orman-orman açıkları, 1400-1500 m, 07.07.2018, LY15747a, İran-Turan Elementi, soğan.

7. *A. flavum* L. subsp. *tauricum* (Besser ex Rchb.) K.Richt. var. *tauricum* /sarısoğan

Yelesen köyü batısı, yayla yolu 5.km, tepe yamaçları, step, 2118 m, 02.07.2018, LY15641a, Akdeniz elementi, soğan.

8. *A. hirtovaginatatum* Kunth /küllü soğan

Çirişli köyü kuzeyi, güneye bakan yamaçlar, orman açıkları, 1800-1850 m, 09.06.2012, B7811, D. Akdeniz elementi, soğan.

9. *A. macrochaetum* Boiss. & Hausskn. /kaya sarımsağı

Aşağıköy yolu, 7-8.km, güneye bakan yamaçlar, 1300-1400 m, 24.06.2012, B8053, İran-Turan Elementi, soğan.

10. *A. pallens* L. subsp. *pallens* /nur soğanı

Ortaköy-Şaban köyleri arası, yayla yolu 1. km, step yamaçlar, 1604 m, 31.07.2019, LY17783, Akdeniz elementi, soğan.

11. *A. pictistamineum* O.Schwarz /izmir soğanı (Şekil 5.)

Çirişli köyü girişi vadi, step, orman açıkları, 1750-1900 m, 20.06.2017, B12198, **Endemik**, D. Akdeniz elementi, soğan.



Şekil 5. *Allium pictistamineum* O.Schwarz

12. *A. pseudoampeloprasum* Miscz. ex Grossh. /yalancı körmeni

Yelesen köyü batısı, güneye bakan step yamaçlar, 2300-2350 m, 28.06.2019, LY17104a, İran-Turan Elementi, soğan.

13. *A. pseudoflavum* Vved. /küllü soğan

Yelesen köyü yayla güneyi, kayalık, 2200-2300 m, 19.07.2019, LY17564, İran-Turan Elementi, soğan.

14. *A. pustulosum* Boiss. & Hausskn. /bey soğanı

Yelesen köyü batısı, yayla yolu 5-6 km, yol ayrımı, step, 2060 m, 25.07.2018, LY16082, İran-Turan Elementi, soğan.

15. *A. rupestre* Steven /taş körmeni

Şaban köyü güneyi, kayalık, 2360 m, 18.07.2018, LY15918, Avrupa-Sibirya elementi, soğan.

16. *A. scorodoprasum* L. subsp. *rotundum* (L.) Stearn /deli pırasa

Şaban köyü kuzeybatısı, step, 1500-1600 m, 30.05.2018, LY15120, soğan.

17. *A. sivasicum* Özhatay & Kollmann /sivas soğanı (Şekil 6.)

Alıncak ve Üçyaka yol ayrımı, orman-orman açıkları, 1400-1450 m, 06.06.2018, LY15262 **Endemik**, İran-Turan Elementi, soğan.

Şekil 6. *Allium sivasicum* Özhatay & Kollmann18. *A. trachycoleum* Wendelbo /boz sarımsak

Yelesen köyü batısı, yayla yolu 5.km, tepe yamaçları, step, 2118 m, 02.07.2018, LY15610a, İran-Turan Elementi, soğan.

19. *A. vineale* L. /sirmo

Şaban köyü kuzeybatısı, step, 1500-1600 m, 30.05.2018, LY15098a, soğan.

3. ARACEAE

20. *Arum rupicola* Boiss. var. *rupicola* /dağsorsalı

Bingöl Merkez, mezarlık batısı, taş ocağı yol ayrımı, orman açıkları, 1200-1300 m, 22.05.2018, LY15000, **Endemik**, İran-Turan Elementi, tuber.

21. *A. rupicola* Boiss. var. *virescens* (Stapf) P.C.Boyce /dağsorsalı

Şaban köyü kuzeybatısı, bahçe kenarları, 1565 m, 25.04.2019, LY16463, İran-Turan Elementi, tuber.

22. *Biarum carduchorum* (Schott) Engl. /kardi

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16450a, tuber.

4. ASPARAGACEAE

23. *Bellevalia gracilis* Feinbrun /aktepeli

Yelesen köyü kuzeyi, step, 1400-1600 m, 19.04.2015, L10412b, **Endemik**, İran-Turan Elementi, soğan.

24. **B. modesta* Wendelbo /tarla sümbülü

Ortaköy çıkışı, bahçe kenarı, 1570 m, 25.04.2019, LY16472, **Endemik**, İran-Turan Elementi, soğan.

25. *B. paradoxa* (Fisch. & C.A.Mey.) Boiss. /aşpenceri

Yelesen köyü kuzeyi, step, 1400-1600 m, 19.04.2015, L10412a, İran-Turan Elementi, soğan.

26. *Hyacinthus orientalis* L. subsp. *chionophilus* Wendelbo /kopça (Şekil 14.)

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16450, **Endemik**, İran-Turan Elementi, soğan.

27. *Muscari armeniacum* Leichtlin ex Baker /gavurbaşı

Aşağıköy-Ortaköy arası, nemli alan, 1400-1500 m, 19.04.2015, B10403, soğan.

28. *M. comosum* (L.) Mill. /morbaş

Bingöl mezarlık batısı, orman açıklıkları, 1150-1250 m, 20.05.2012, B7651, Akdeniz elementi, soğan.

29. *M. longipes* Boiss. /buğulu sümbül

Bingöl üniv. lojman kuzeyi, nemli alanlar, 1100-1200 m, 30.05.2012, B7747, İran-Turan Elementi, soğan.

30. *M. neglectum* Guss. ex Ten. /arapüzümü (Şekil 21.)

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16442, soğan.

31. *Ornithogalum arcuatum* Steven /kurtkirışı

Merkez eski çarşı yolu, step yamaçlar, 1100 m, 17.06.2014, B9975, İran-Turan Elementi, soğan.

32. *O. brachystachys* C. Koch /

Yelesen köyü batısı, yayla yolu 4.km, yolun sağındaki, taşlık kayalık yamaçlar, 2275 m, 02.07.2018, LY15533, soğan.

33. *O. montanum* Cirilio /dağ akyıldızı

Topalan-Çirişi köy yolu 3-4. km, yol kenarı, ormanlık alan, 1800-1850 m, 09.06.2012, B7834, D. Akdeniz elementi, soğan.

34. *O. narbonense* L. /akbaldır

Yelesen köyü batısı, Haserek tepesi, step, 2166 m, 16.05.2019, LY16508, Akdeniz elementi, soğan.

35. *O. sphaerocarpum* A.Kern. /salkım sakarca

Balpinarı köyü girişi, çayır alanlar, 1965 m, 22.06.2019, LY16792, soğan.

36. *O. wiedemannii* Boiss. var. *wiedemannii* /engin yıldız

Şaban köyü kuzeybatısı, step, 1500-1600 m, 30.05.2018, LY15086, soğan.

37. *Puschkinia scilloides* Adams. /serhişing (Şekil 23.)

Ortaköy çıkışı, bahçe kenarı, 1570 m, 25.04.2019, LY16472, LY16478, İran-Turan Elementi, soğan.

38. *Scilla siberica* Haw. subsp. *armena* (Grossh.) Mordak /camışkiran (Şekil 34.)

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16446, İran-Turan Elementi, soğan.

5. BUTOMACEAE

39. *Butomus umbellatus* L. /bataklıkgülü

Matan dağı, geridal gölü, göl içi, 2374 m, 18.07.2018, LY15939a, Avrupa-Sibirya elementi, rizom

6. COLCHICACEAE

40. *Colchicum kotschyi* Boiss. /acı çiğdem (Şekil 13.)

Yelesen köyü güneyi, step, 2080 m, 26.07.2018, LY16109, İran-Turan Elementi, korm.

41. *C. serpentinum* Woronow ex Misch. /domuzçiğdemi

Yelesen köyü kuzeyi, step, 1400-1600 m, 19.04.2015, B10419, korm.

42. *C. szovitsii* Fisch. & C.A.Mey. subsp. *szovitsii* /katır çiğdemi (Şekil 13.)

Yelesen köyü batısı yayla yolu, step, 1900-2000 m, 16.05.2019, LY16541a, İran-Turan Elementi, korm.

7. IRIDACEAE

43. *Crocus biflorus* Mill. subsp. *tauri* (Maw) B.Mathew /berfan (Şekil 35.)

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16439, İran-Turan Elementi, korm.

44. *C. pallasii* Goldb subsp. *turcicus* B.Mathew /çitvan (Şekil 37.)

Bingöl merkez mezarlık batısı, meşe açıklıkları, 1223, 13.11.2018, LY16402, korm.

45. *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. /kıraç süsen

Topalan köyü güneyi, kuzeye bakan yamaçlar, orman açıkları, 1600-1700 m, 09.06.2012, L7787, İran-Turan Elementi, korm.

46. *G. italicus* Mill. /kılıçotu

Şaban köyü kuzeybatısı, step, 1500-1600 m, 30.05.2018, LY15086, LY15040, korm.

47. *G. kotschyanus* Boiss. /çayır kılıçotu

Topalan-Çirişi yolu 3. km, yol kenarı, 1650-1700 m, 09.06.2012, B7910, İran-Turan Elementi, korm.

48. *Iris caucasica* Hoffm. subsp. *turcica* B.Mathew
/türk nevruzu (Şekil 7.)

Yelesen köyü batısı, step, 2166 m, 24.05.2019, LY16544, İran-Turan Elementi, soğan.

Bitki boyu 37 cm'ye varıyor (Türkiye florasında (8-)10-18 cm- fakat gövdenin daha sonra uzayabildiği belirtiliyor).Yaprak taban genişliği 4.2 cm'yi buluyor (Türkiye florasında(0.5)0.8-2 cm).Bir bitkideki yaprak sayısı 9'u buluyor (Türkiye florasında(4-)5-7). Bir bitkideki çiçek sayısı 6'da olabiliyor (Türkiye florasında 1-4 adet).



Şekil 7. *Iris caucasica* Hoffm. subsp. *turcica* B.Mathew

49. *I. persica* L. /buzula (Şekil 22.)

Yelesen-Şaban köyleri arası, step yamaçlar, 1698 m, 25.04.2019, LY16440, İran-Turan Elementi, soğan.

50. *I. reticulata* M.Bieb. var. *reticulata* /kara körpeze (Şekil 16.)

Yelesen köyü batısı yayla yolu, step, 1900-2000 m, 16.05.2019, LY16541, İran-Turan Elementi, soğan.

51. *I. sari* Schott ex Baker /ana kurtkulağı (Şekil 17.)

Yelesen köyü batısı, yayla yolu 4.km, yolun sağındaki, taşlık kayalık yamaçlar, 2275 m, 02.07.2018, LY15532, Topalan-Çirişli arası, step, 1400-1600 m, 19.05.2017, B12112, Endemik, İran-Turan Elementi, rizom.

8. IXIOLIRIACEAE

52. *Ixiolirion tataricum* (Pall.) Schult. & Schult.f. var. *montanum* (Labill.) Takht. /köpekotu (Şekil 19.)

Şaban köyü kuzeyi, step, 1500-1600 m, 01.05.2015, L10451, İran-Turan Elementi, soğan.

9. LILIACEAE

53. *Fritillaria amana* (Rix) Tekşen /Maraşlalesi (Şekil 15.)

Topalan-Çirişli köyleri arası, kayalık alanlar, 1700-1800 m, 01.05.2013, B8591, D. Akdeniz Elementi, soğan.

54. *F. armena* Boiss. /şarklalesi (Şekil 24.)

Yelesen köyü batısı, Haserek tepesi, step, 2166 m, 16.05.2019, LY16519, Endemik, İran-Turan Elementi, soğan.

55. *F. assyriaca* Baker /donuk lale

Aşağıköy-Şaban arası, step, 1400-1500 m, 19.04.2015, B10408, İran-Turan Elementi, soğan.

56. *F. imperialis* L. /ağlayangelin

Bingöl merkez, girişi yol kenarı, 1100 m, İran-Turan Elementi, soğan.

57. *F. minuta* Boiss. & Noë /kınalı lalesi (Şekil 25.)

Yelesen köyü batısı, Haserek tepesi, step, 2166 m, 16.05.2019, LY16518, İran-Turan Elementi, soğan.

58. *F. pinardii* Boiss. /mahçup lale (Şekil 26.)

Aşağıköy güneydoğusu, kayalık yamaçlar, 1490 m, 25.04.2019, LY16451, İran-Turan Elementi, soğan.

59. *Gagea confusa* A.Terracc. /yoksulyıldız

Çirişli köyü kuzeydoğusu, taşlık yamaçlar, 1750-1850 m, 01.05.2013, B8624, İran-Turan Elementi, soğan.

60. **G. fibrosa* (Desf.) Schult. & Schult.f. /tellisarı

Yelesen köyü batısı yayla yolu, step, 1900-2000 m, 16.05.2019, LY16536, soğan.

61. *G. fragifera* (Vill.) E.Bayer & G.López /yaylayıldızı (Şekil 30.)

Şaban köyü kuzeybatısı, bahçe kenarları, 1565 m, 25.04.2019, LY16469, soğan.

62. *G. gageoides* (Zucc.) Vved. /tokalı yıldız

Yelesen köyü kuzeyi, step, 1900-2100 m, 03.05.2013, L9384, İran-Turan Elementi, soğan.

63. *G. luteoides* Stapf /altın yıldız

Şaban köyü kuzeybatısı, bahçe kenarları, 1565 m, 25.04.2019, LY16471, soğan.

64. *G. taurica* steven /bozkır yıldızı

Yelesen köyü kuzeydoğusu, kayalık yamaçlar, 1926m, 16.05.2019, LY16484a, İran-Turan Elementi, soğan.

65. *G. villosa* (M.Bieb.) Sweet var. *villosa* /tüylü yıldız (Şekil 28.)

Yelesen köyü batısı, step, 2166 m, 24.05.2019, LY16547, soğan.

66. *Tulipa armena* Boiss. subsp. *armena* /dağ lalesi (Şekil 18.)

Aşağıköy güneydoğusu, kayalık yamaçlar, 1490 m, 25.04.2019, LY16452, İran-Turan Elementi, soğan.

67. **T. armena* Boiss. var. *galatica* (Freynt) Eker /altınlale (Şekil 8.)

Topalan-Çirişli köy yolu 3-4. km, yol kenarı, ormanlık alan, 1800-1850 m, 09.06.2012, B7834a, İran-Turan Elementi, soğan.

Şekil 8. *Tulipa armena* Boiss. var. *galatica* (Frey) Eker /altunlale

68. *T. julia* K.Koch. /yaban lalesi (Şekil 20.)
Yelesen köyü kuzeydoğusu, kayalık yamaçlar, 1926 m,
16.05.2019, LY16488, İran-Turan Elementi, soğan.

69. *T. praecox* Cav. /tez lale
Topalan köyü çevresi, nemli alanlar, 1400-1500 m,
08.05.2012, B7628, soğan.

10. ORCHIDACEAE

70. *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. /sivrisalep
(Şekil 31.)
Şaban köyü güneyi, nemli yamaçlar, 1643 m,
12.06.2019, LY16695, tuber.

71. *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce
/ormankuşçuğu
Topalan köyü güneyi, 2-3 km, ormanlık alan, 1400-1600
m, 09.06.2012, L8016, Avrupa-Sibirya elementi, rizom.

72. *C. kotschyana* Renz & Taubenheim /koçsalebi
Bingöl mendo tesisleri güneyi, orman sahası, 1250-1400
m, 30.05.2015, B10614, Endemik rizom.

73. *Dactylorhiza iberica* (M.Bieb. ex Willd.) Soó
/kırım salebi
Yelesen köyü doğusu, dere kenarları, 1600 m,
26.06.2014, B9993, D. Akdeniz elementi, tuber.

74. *D. osmanica* (Klinge) P.F.Hunt Summerh. var.
anatolica (E.Nelson) Renz & Taubenheim
/osmanlı salebi (Şekil 27.)

Alıncak köyü yol kenarı, nemli alan, 1350 m,
06.06.2018, LY15268, Endemik, İran-Turan Elementi,
tuber.

75. *D. osmanica* (Klinge) P.F.Hunt Summerh. var.
osmanica /osmanlı salebi
Şaban köyü güneyi, nemli çayır alanlar, 1886 m,
12.06.2019, LY16684, Endemik, İran-Turan Elementi,
tuber.

76. **Epipactis veratrifolia* Boiss.&Hohen. /
Irazbindallı (Şekil 9.)
Bingöl mendo tesisleri güneyi, dere kenarları, 1250-1400
m, 30.05.2015, B11535, İran-Turan Elementi, rizom.

Örneğimizde bitki boyu 120 cm'ye varıyor (Türkiye
florasında 50-100 cm, yaprak sayısı 18'e varıyor
(florada 6-10), yaprak boyutları 20x7,5 cm'yi buluyor
(florada 20x40 cm'ye kadar çıkıyor).

Şekil 9. *Epipactis veratrifolia* Boiss. & Hohen.

77. *Himantoglossum comperianum* (Steven)
P.Delforge /meşe keşkeşi (Şekil 33.)

Bingöl mezarlık batısı, orman-orman açıklıkları, 1150-
1250 m, 20.05.2012, B7664, İran-Turan Elementi, tuber.

78. *Limodorum abortivum* (L.) Sw. var. *abortivum*
/saçuzatan

Alıncak köy yolu (Bingöl mirzan mah. Giden yol) 3.km,
orman içi, 1400 m, 06.06.2018, LY15176, rizom.

79. *Ophrys holoserica* (Burm.f.) Greuter var.
holoserica /deşdiye salebi

Bingöl mezarlık batısı, orman-orman açıklıkları, 1150-
1250 m, 20.05.2012, B7664, B7663, Akdeniz elementi,
tuber.

80. *O. oestrifera* Rchb. subsp. *oestrifera* /sinek
salebi

Bingöl Mendo tesisleri güneyi, dere kenarları, 1250-
1400 m, 30.05.2015, B10539a, tuber.

81. *Orchis coriophora* L. subsp. *coriophora*
/pirinççiçeği (Şekil 32, 36)

Bingöl mezarlık batısı, 3-4. km, taş ocağına giderken,
1150-1200 m, 25.05.2013, B8827, tuber.

82. *O. laxiflora* Lam. subsp. *laxiflora* /salep
sümbülü (Şekil 29.)

Şaban köyü kuzeybatısı, dere kenarı, 1500-1600 m,
30.05.2018, LY15130, Akdeniz elementi, tuber.

83. *O. mascula* (L.) L. *pinetorum* (Boiss. &
Kotschy) G.Camus /çam salebi

Topalan-Çirişli arası, meşe açıklıkları, 1530-1600 m,
08.05.2012, B7631, D. Akdeniz Elementi, tuber.

84. *O. punctulata* Steven ex Lindl. /selef

Bingöl üniv, lojman çevreleri, step, 1100-1200 m,
06.05.2012, B7610, D. Akdeniz elementi, tuber.

85. **O. purpurea* Huds. subsp. *purpurea* /hasancık

Topalan-Çirişli arası, ormanlık alan, 1400-1600 m,
19.05.2017, B12111, Avrupa-Sibirya elementi, tuber.

86. *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. /çarpık
salep

Alıncak-Aşağıköy arası 3. km, yolun sağındaki orman-
orman açıkları, 1550-1580 m, 15.07.2019, LY17415a,
tuber.

11. XANTHORRHOEACEAE

87. *Eremurus spectabilis* M.Bieb. /çiriş

Yelesen köyü kuzeydoğusu, kayalık yamaçlar, 1926m,
16.05.2019, LY16484, İran-Turan Elementi, rizom.

4. SONUÇ

Araştırma alanından toplanan 550 petaloid bitki örneğinin değerlendirilmesi sonucunda; 11 familya ve 29 cinse ait 87 taksonun yayılışının olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen taksonların 12'si endemiktir. Endemik taksonların tehlike kategorilerine göre dağılımları incelendiğinde 8 taksonun LC (Least concern-az kaygı verici), 4 taksonun ise NT (Near threatened-Tehdide yakın) kategorisinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 2.). Bitkilerin toprak altı gövde tiplerine göre dağılımları ise; 56 taksonda soğan (bulb), 14 taksonda tuber, 7 taksonda rizom ve 8 taksonda korm şeklindedir.

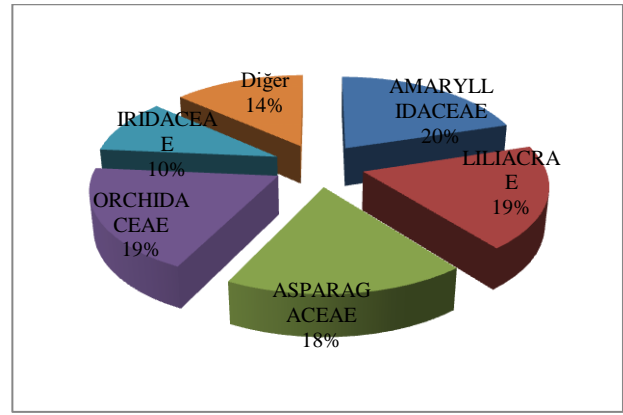
Tablo 2. Araştırma alanından belirlenen endemik taksonlar ve risk sınıfları

Takson adı	Tehlike kategorisi
<i>Allium armenum</i> Boiss. & Kotschy	LC
<i>Allium pictistamineum</i> O.Schwarz	NT
<i>Allium sivasicum</i> Özhatay & Kollmann	LC
<i>Arum rupicola</i> Boiss. var. <i>rupicola</i>	LC
<i>Bellevalia gracilis</i> Feinbrun	LC
<i>Bellevalia modesta</i> Wendelbo	NT
<i>Hyacinthus orientalis</i> L. subsp. <i>chionophilus</i> Wendelbo	NT
<i>Iris sari</i> Schott ex Baker	LC
<i>Fritillaria armena</i> Boiss.	LC
<i>Cephalanthera kotschyana</i> Renz & Taubenheim	LC
<i>Dactylorhiza osmanica</i> (Klinge) P.F.Hunt Summerh. var. <i>anatolica</i> (E.Nelson) Renz & Taubenheim	NT
<i>Dactylorhiza osmanica</i> (Klinge) P.F.Hunt Summerh. var. <i>osmanica</i>	LC

Çalışmada belirlenen 87 taksonun ait olduğu ilk 5 familya; Amaryllidaceae, Liliaceae, Orchidaceae, Asparagaceae ve Iridaceae sırası şeklindedir (Şekil 10.). Petaloid monokotil florayı konu edinen çalışmalarla çalışmamız karşılaştırıldığında; Amaryllidaceae familyası en fazla taksona sahip ilk 5 familyanın ilk ikisi arasında yer alması ile benzerlik göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Araştırma alanında en fazla üyesi olan ilk 5 familyanın yakın sahalardaki çalışmalarla karşılaştırılması

Familyalar	Çapakçur vadisi	Hiro [24]	Altıkardaş [25]	Munzur [26]	Tunceli [27]
Amaryllidaceae	18	10	6	19	28
Liliaceae	17	10	10	13	16
Orchidaceae	17	10	5	18	20
Asparagaceae	16	13	6	22	21
Iridaceae	9	6	8	9	11
Diğer	10	10	1	13	54
Toplam	87	59	36	94	150

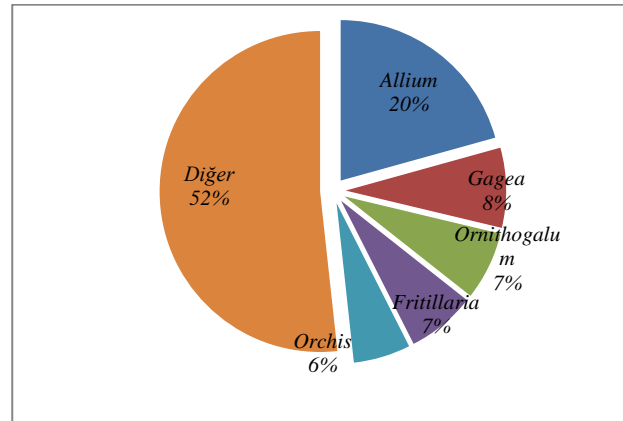


Şekil 10. Alanda belirlenen ilk 5 familyanın dağılımını gösteren spektrum

Çalışmamızda en fazla üyeye sahip ilk 5 cins; *Allium* L. (18 takson), *Gagea* Salisb. (7 takson), *Ornithogalum* L. (6 takson), *Fritillaria* L. (6 takson), *Orchis* L. (5 takson)'dir (Şekil 11.). Yakın alanlarda yapılan benzer çalışmalarda *Allium* cinsinin bütün çalışmalarda ilk sırada yer alması ile çalışmamız uyum içindedir. Yine çalışmamızda *Gagea* ve *Ornithogalum* cinsleri en fazla üye ile temsil edilen ilk 5 cins içinde yer alması ile de yakın saha çalışmaları ile benzerlik göstermektedir (Tablo 4.).

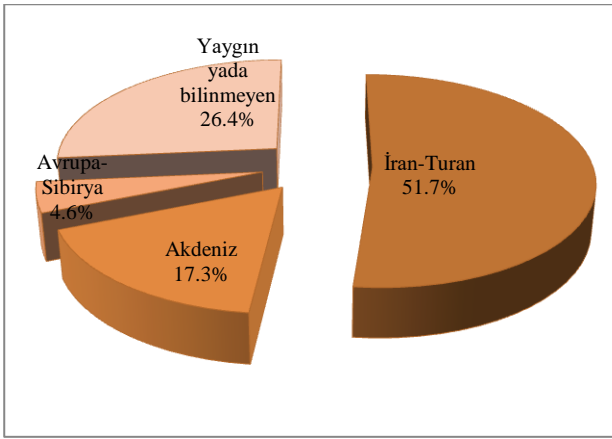
Tablo 4. Alanda en fazla taksona sahip ilk 5 cinsin yakın saha çalışmaları ile karşılaştırılması

Cinsler	Çapakçur vadisi	Hiro [24]	Altıkardaş [25]	Munzur [26]	Tunceli [27]
<i>Allium</i>	18	9	6	17	27
<i>Gagea</i>	7	7	5	5	7
<i>Ornithogalum</i>	6	6	2	9	10
<i>Fritillaria</i>	6	2	3	5	5
<i>Orchis</i>	5	3	1	4	9
Diğer	45	32	19	54	92
Toplam	87	59	36	94	150



Şekil 11. Alanda belirlenen ilk 5 cinsin dağılımını gösteren spektrum

Taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı; 45'i (%51.7) İran-Turan, 15'i (%17.3) Akdeniz, 4'ü (%4.6)Avrupa-Sibirya ve 23'ü (%26.4) yaygın ya da dahil olduğu fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen şeklindedir. (Şekil 12.).



Şekil 12. Alanda belirlenen taksonların fitocoğrafik bölgelere dağılımı gösteren spektrum

Sonuç olarak; bu çalışma ile şimdiye kadar B8 karesinden yayılışı bilinmeyen 5 taksonun (*Bellevalia modesta* Wendelbo /tarla sümbülü, *Epipactis veratrifolia* Boiss.&Hohen./ /irazbindallı, *Gagea fibrosa* (Desf.) Schult. & Schult.f. /tellisarı, *Orchis purpurea* Huds. subsp. *purpurea* /Hasancık, *Tulipia armena* Boiss. var. *galetica* (Freyn) Eker /altınlale) yayılışları bu çalışma ile belirlenmiştir. Ayrıca *Epipactis veratrifolia* ve *Iris caucasica* subsp. *turcicus* taksonlarında Türkiye florasında verilen tanımlarından önemli derecede farklı bazı morfolojik varyasyonlar ortaya konmuştur. Hazırlanan bu çalışma ile Türkiye'deki bitki potansiyelinin daha gerçekçi yayılış durumunun belirlenmesi ve bazı taksonların değişen ekolojiye bağlı olarak gösterdiği varyasyonların ortaya konulması ile Türkiye florasına katkıda bulunulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Projesi (Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma Alanında) tarafından (Proje no: PİKOM- Bitki.2018.007) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Davis PH. (ed.). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1. Edinburgh Univ. Press. Edinburgh: U.K; 1965. pp. 1-2
- [2] Seçmen Ö, Gemici Y, Görk G, Baket L, Leblebici E. Tohumlu Bitkiler Sistematigi, Ege Üniversitesi Yayınları: İzmir; 2011.
- [3] Stevens PF. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]. 2001 onwards. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- [4] Erik S, Tarıkahya B. Türkiye Florası Üzerine. *Kebikeç*. 2004; 17: 139-163.
- [5] Demir SC, Eker İ. Petaloid Monocotyledonos Flora of Bolu Province, Including Annotations on Critical Petaloid Geophytes of Turkey, Pegem Akademi; 2015.
- [6] Nadiroğlu M, Behçet L. Traditional food uses of wild plants among the Karlıova (Bingöl-Turkey), *International Journal of Nature and Life Sciences*. 2018; 2 (2): 16-30.

- [7] Nadiroğlu M, Behçet L, Çakılcıoğlu U. An ethnobotanical survey of medicinal plants in Karlıova (Bingöl-Turkey), *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 2019; 18(1): 76-87.
- [8] Sargın, SA, Selvi S, Akççek E. Alaşehir (Manisa) ve çevresinde yetişen bazı geofitlerin etnobotanik açıdan incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2013; 29(2): 170-177.
- [9] Baytop T. Türkiye de Bitkiler ile Tedavi, İstanbul Üniversitesi Yayınları: İstanbul; 1999.
- [10] Akman, Y. İklim ve Biyoiklim, Palme Yayınları, Ankara: 1990.
- [11] Emberger L. Une classification biogeographique des climats, *Rec. Trav. Lab. Bot. Fac. Sc.*, 1955; 7: 3-43.
- [12] Davis PH. Mill RR. Tan K. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, vol. 8, Edinburgh Univ. Press; Edinburgh, UK: 1984.
- [13] Davis PH, Mill RR, Tan K. (eds.). Flora of Turkey and the east aegean islands, Vol.10, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh: 1988.
- [14] Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC. (eds). Flora of Turkey and the east aegean islands, Vol. 11, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh: 2000.
- [15] Güner A, Kandemir A, Menemen Y, Yıldırım H, Aslan S, Ekşi G, Güner I, Çimen AÖ. (edlr) Resimli Türkiye Florası, cilt 2. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları: İstanbul; 2018.
- [16] Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT. (edlr). Türkiye bitkileri listesi (Damarlı bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını: İstanbul; 2012.
- [17] Ekim T, Koyuncu M, Vural M, Duman H, Aytac Z, Adıgüzel N. Türkiye bitkileri kırmızı kitabı, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Yüzüncü Yıl Üniv.: Ankara; 2000.
- [18] APG IV An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Bot J Linn Soc*. 2016; 181: 1-20.
- [19] Behçet L, Yapar, Y, Sinan, A. Contribution to the flora of Turkey from B8 square (Bingöl, Elazığ/Turkey), *BioDiCon*. 2014; 7(3): 87-97.
- [20] Yıldırım Ş. The chorology of the Turkish tepaloid Monocotyledones species of Alismataceae, Amaryllidaceae, Araceae, Arecaceae, Bromeliaceae, Butomaceae, Cannaceae, Comelinaceae and Cymodoceaceae families, *Ot Sistematik Botanik Dergisi*. 2014; 21 (1): 143-162.
- [21] Yıldırım Ş. The chorology of the Turkish tepaloid Monocotyledones species of Dioscoreaceae, Hydrocharitaceae, Iridaceae, Juncaginaceae and Lemnaceae families, *Ot Sistematik Botanik Dergisi*. 2014; 21 (2): 119-145.
- [22] Yıldırım Ş. The chorology of the Turkish tepaloid Monocotyledones species of Liliaceae Juss. s.l. family, *Ot Sistematik Botanik Dergisi*. 2015; 22 (1-2): 67-119.

- [23] Yıldırım Ş. The chorology of the Turkish tepaloid Monocotyledones species of Maranthaceae, Musaceae, Najadaceae and Orchidaceae families, *Ot Sistematiği Botanik Dergisi*, 2016; 23 (1-2): 139-167.
- [24] Yapar Y, Behçet L. Hiro Yaylası (Adaklı-Bingöl/Türkiye) ve çevresinin florası. *Biological Diversity and Conservation*. 2018; 11(3): 126-140.
- [25] Sinan A, Behçet L. Altıkardeş Dağı (Genç-Bingöl) ve çevresinin florası. *Biological Diversity and Conservation*. 2014; 7(3): 98-116.
- [26] Babacan YE, Eker İ. Munzur Vadisi (Tunceli) ve yakın çevresinin geofit florası, *Bağ Bahçe Bil. Derg.* 2017; 4: 31-49.
- [27] Armağan M. Petaloid Monocotyledonous Flora of Tunceli Province (Turkey). *Hacettepe J. Biol. & Chem.* 2018; 46 (2): 199-219.

Ekler

Ek A. Alandan belirlenen bazı taksonlara ait fotoğraf görüntüleri



Şekil 13. *Colchicum sizovitzii* subsp. *szovitsii*



Şekil 14. *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*



Şekil 15 *Fritillaria amana*



Şekil 16. *Iris reticulata* subsp. *reticulata*



Şekil 17. *Iris sari*



Şekil 18. *Tulipa armena* subsp. *armena*



Şekil 19. *Ixiolirion tataricum* var. *montanum*



Şekil 23. *Puschkinia sicilloides*



Şekil 20. *Tulipa julia*



Şekil 24. *Fritillaria armena*



Şekil 21. *Muscari neglectum*



Şekil 25. *Fritillaria minuta*



Şekil 22. *Iris persica*



Şekil 26. *Fritillaria pinardi*



Şekil 27. *Dactylorhiza osmanica* subsp. *anatolica*



Şekil 30. *Gagea fragifera*



Şekil 31. *Anacamptis pyramidalis*



Şekil 28. *Gagea villosa* var. *villosa*



Şekil 32. *Orchis coriophora* subsp. *coriophora*



Şekil 29. *Orchis laxiflora*



Şekil 33. *Himantoglossum comperianum*



Şekil 36. *Orchis coriophora* subsp. *coriophora*



Şekil 34. *Sicilla siberica* subsp. *armena*.



Şekil 37. *Crocus pallasii* subsp. *turcicus*



Şekil 35. *Crocus biflorus* subsp. *tauri*



Şekil 38. *Colchicum kotschyi*



Screening of Antimicrobial Effect against Microorganisms Threatening to Human Health of the Endemic Plant; *Centaurea saligna* (C. Koch) Wagenitz from Turkey

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ^{1*}, Uğur ÇAKILCIOĞLU²

^{1,2} Munzur University, Pertek Sakine Genç Vocational School, Department of Medical Services, Tunceli, Turkey

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-2389-0694

Uğur ÇAKILCIOĞLU ORCID No: 0000-0002-3627-3604

* Corresponding author: pınarerecevit@hotmail.com, perecevit@munzur.edu.tr

(Alınış: 05.05.2020, Kabul: 22.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Centaurea saligna,
Dermatofyte pathogens,
Bacteria,
Yeast,
Antimicrobial effect

Abstract: In this study, the antimicrobial effect researched on microorganisms threatening to human health of extract including methanol of *Centaurea saligna* that is endemic and used for therapy of many diseases. For disk diffusion method, this related extract is highly effective on the gram negative bacteria by its 20.3±0.5 mm inhibition zone (p<0.001). Again to relation bacteria, gram positive bacteria are highly effective by 18.3±0.5 mm and 20.3±0.5 mm inhibition area (p<0.001). It has a effect against *Candida* species and *Epidermophyton* sp., the superficial skin infections are caused, by 9.6±0.5 mm and 13.6±1.5 mm inhibition area (p<0.01). On the other hand, for findings, this related extract is extremely effective against *Trichophyton* sp. that is one of dermatofyte fungi by 24.6±1.5 inhibition area (p<0.0001). This natural extract shows its antimicrobial effect namely, by minimal inhibition value (MIC): 6.25 µL its lowest inhibition value against development of all the bacteria and dermatofyte fungi. This plant has a potential to be a natural antimicrobial agent to be used as a medicine for human health and life quality.

Türkiye de Yetişen Endemik Bitki; *Centaurea saligna* (C. Koch) Wagenitz'in İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikroorganizmalara Karşı Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması

Anahtar Kelimeler

Centaurea saligna,
Dermatofit patojenler,
Bakteriler
Mayalar,
Antimikrobiyal etki

Öz: Bu çalışmada endemik olarak yetişen ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılan *Centaurea saligna* bitkisinin metanol ile hazırlanan ekstraktının insan sağlığını tehdit eden mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Disk Difüzyon Metodu'na göre; Kullanılan ekstrakt gram negatif bakteriler üzerinde 20.3±0.5 mm inhibisyon bölgesi ile oldukça etkilidir (p <0.001). Yine bakterilerden gram pozitif bakteriler üzerinde; 18.3±0.5 mm inhibisyon bölgesi ve 20.3±0.5 mm inhibisyon bölgesi ile oldukça etkilidir (p<0.001). Yüzeysel cilt enfeksiyonlarına neden olan mantarlardan *Candida* suşlarında; 9.6±0.57 mm inhibisyon bölgesi ile dermatofit mantarlarından *Epidermophyton* sp. 'ye karşı 13.6±1.5 mm inhibisyon bölgesi ile etkilidir (p<0.01). Diğer yandan; bu ilgili ekstraktın dermatofit mantarlarından biri olan *Trichophyton* sp'ye karşı 24.6±1.52 mm inhibisyon bölgesi ile son derece etkili olduğu bulunmuştur (p<0.0001). Bu doğal ekstrakt antimikrobiyal etkisini tüm bakteri ve dermatofit mantarlarının gelişimine karşı en düşük inhibisyon değeri yani minimal inhibisyon değeri (MIC): 6.25 µL ile gösterir.

Bu bitkinin insan hücrelerine karşı sitotoksitesi daha önceki çalışmalarda araştırılmış olmakla birlikte *C. saligna* bitkisi insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerine ilaç olarak kullanılacak doğal bir antimikrobiyal ajan olma potansiyelindedir.

1. INTRODUCTION

To date, notable studies have been made to learn microorganisms and their control. Many important

diseases are mainly cured with antibiotics and herbal medicines. On the other hand, improper use of antibiotics enabled carry out many pathogenic microorganisms to develop resistance against all known antibiotics. Due to these disadvantages, new

antimicrobial agents need to be developed. It is estimated that there are approximately 250 -500 thousand plant species in the world, but very low amount of them are used as food by humans and animals. The medicinal herbs in Turkey have been shown to be a promising powerful source of antimicrobial agents [1].

A study used for the discovery of natural antimicrobial drugs from plants is based on the evaluation of traditional medicinal plant extracts as drugs [2].

Turkey is one of the richest in terms of endemism. As it is known, only plant species living on a certain flora on earth are called "endemic" and in this case it is defined as "endemism". *C. saligna*, Turkey is referred to as an endemic plant [3].

Centaurea L. (Asteraceae) genus, 114 of which are endemic, It is represented by 192 taxa in Turkey. It is known with vernacular names such as "peygamber çiçeği, zerdali diken, coban kaldiran, timur diken" in Turkey [4]. In this study, one (*C. saligna*) the minimum amount of *Centaurea* taxa endemic to Turkey are even designed to determine whether they are effective in inhibiting the growth of microorganisms that threaten human health [4].

Many species of the genus *Centaurea* L. have been traditionally used for the treatment of various diseases among the local people [5].

Centaurea species have been used for their anti-dandruff, anti-diarrhoic, anti-rheumatic, anti-inflammatory, choleric, diuretic, digestive, stomachic, astringent, antipyretic, cytotoxic and antibacterial properties in folk medicine [6].

The genus *Centaurea* has been the subject of many antimicrobial and antioxidant activity properties [7-18].

Microsporum, *Trichophyton* and *Epidermophyton* species are dermatophyte pathogens that cause infections on the skin. Nondermatophyte fungi (eg *Malassezia furfur* in Tinea [pityriasis] versicolor) and *Candida* species that cause superficial skin infections are less common [19]. This study can be used as a natural remedy for healing of dermatophyte infections. The thing that makes out study different is that dermatophyte fungi which infect human skin, nails and hair was researched for the first time; besides, MIC experiment was performed as more comprehensive.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Screening of Antimicrobial Effect

2.1.1. Plant material

Centaurea saligna (Asteraceae) was collected during appropriate vegetation (in June 2018) as the material from the Bingöl Kuruca village on northern slopes in the Turkey. This plant sample has been maintained in the Herbarium of Munzur University (UC - 144) in Tunceli, Turkey (UC - 144). The Flora of Turkey was utilized for

the taxonomic diagnosis [20]. The diagnosed plant was made suitable for grinding. The grinded plant (5 g) was treated in 20 mL methanol (98.1 %) solvent by keeping on a rotary shaker (100 rpm) for 24 h. Thus, the plant extract was obtained. These plant materials were filtered under suitable aseptic conditions and left at 4 ° C for further study. Then, 100 µL (25 mg L⁻¹) of plant extracts were injected into 6 mm diameter (Schleicher & S hüll No: 2668, Germany) blank antibiotic paper discs to try the test isolates separately.

2.1.2. Microbial strain

The bacteria (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* DSM 50071, *Staphylococcus aureus* COWAN 1, *Bacillus megaterium* DSM 32), yeasts (*Candida albicans* FMC 17, *Candida glabrata* ATCC 66032) and dermatophyte (*Trichophyton* sp., *Epidermophyton* sp.) were tested as species for the current study. The tested pathogens were taken by the Department of Biology, Firat University, Microbiology Laboratory, Elazig-Turkey.

2.1.3. Antimicrobial sensitivity test

The agar disc diffusion method was performed in order to detect antimicrobial effect. Mueller Hinton Agar, Yeast Malt Extract Agar and Sabouraud Dextrose Agar were prepared separately in erlen-meyer bottles under laboratory conditions and brought to 45-50⁰ C pouring temperature, with the culture of microorganisms to be prepared as explained, will be added at the incidence of %1 (10⁶ cells mL⁻¹ of bacteria, 10⁴ cells mL⁻¹ yeast and cells mL⁻¹ dermatophyta fungi as per Mc Farland standard). 15 ml medium by shaking well is poured in to sterile petri plates and homogenously distributed. The discs (6 mm diameter) with treated 10 microliters of plant extract were added to the appropriate agar media inoculated with microorganism. Then, petri dishes was stored at 4⁰ C or 2 h. The cultivated petri dishes were left in the incubator at 37 ± 0.1⁰ C at 24 h for bacterial isolates and also at 25 ± 0.1⁰ C at 72 h for *Candida* strains and dermatophyte pathogens. The antibacterial, antifungal, antidermatophyta sensitivity of plant extract was evaluated by observing the inhibition area on the disks [21]. Micostatin and ampicillin sulbactam were used as positive control. Methanol injected discs were tested as negative control.

2.1.4. Minimal inhibition concentration

Minimal inhibitory concentrations (MIC) were detected using the Broth dilution assay. The cultures were obtained in Mueller Hinton Broth (Difco, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA). The passages of microorganisms were prepared with 12-hour broth cultures and the passages were set at a blur of 0.5 Mc Farland Standard. The plant sample was first rarefied to the maximum value 100 µL to be evaluated, and then serial 2-fold subtilizations were acquired in a value serial from 6.25 to 100 µL (1562–25000 µg) in 10 mL aseptic test tubes including nutrient broth for bacteria and sabouraud dextrose broth for yeast and dermatophyta

fungi. MIC values of this plant against analyzed microorganisms were revealed with a micro-well dilution method [22]. The propagation of microorganisms was determined by an EL x 800 universal microtiter plate reader at 600 nm with optical density quantity. After incubation for 18-24 h at 37±10 C for bacteria, 25±0.10 C at 72 h for yeast and dermatophyte pathogens. It was defined as the smallest value of that sample for the nominal value of the plant material used to prevent proliferation of microorganisms. This is the last tube symbolization (mg mL⁻¹) whose demetric is not microbial growth.

2.2. Statistical Analysis

Statistical comparisons were made between the extract and control groups (methanol, ampicillin sulbactam, micostatin) in relation to measurable preventive activity against bacteria, yeast and dermatophytes. SPSS soft ware was used for statistical evaluation (SPSS Inc., Chicago IL). The values were achieved by analysis of variance (ANOVA) and the lowest significant difference (LSD) tests were specified as mean ± SE. P<0.0001, p<0.001, p<0.01, p>0.05 were evaluated for the variations between extract and control groups. P values given as footnotes below Table 1 and 2 were considered extremely effect, highly effect and moderately effect. This study was conducted in three repetition.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The datas of the antimicrobial evaluation showed that this extract have strong effect against the tested microorganisms (Table 1-2). *C. saligna* extract has highly effective with 20.3±0.5 mm inhibition area on *E. coli*, *P. aeruginosa* from gram negative bacteria. In gram positive- bacteria; It is highyl effective in destroying the proliferation of *S. aureus* and *B. megaterium*, *E. coli*, *P. aeruginosa* with 18.3±0.5 mm inhibition area and 20.3±0.57 mm inhibition zone (p<0.001; d). In fungi;It is effect with 9.66±0.57 mm inhibition area against *C. albicans*, *C. glabrata* and with 13.6±1.5 mm inhibition area against *Epidermophyton sp* from dermatophyta fungi (p<0.01; c). On the other hand;It were found that this extract to be extremely effective with 24.6±1.5 mm inhibition area against *Trichophyton sp* from dermatophyta fungi (p<0.0001; cd). In conclusion, antimicrobial feature of *C. saligna* is pretty high against bacteria, yeast and dermatophyte fungi compared to standard antibiotic and methanol.

The antimicrobial activity of this endemic plant extract in concentrations ranging from 100 µL to 6.25 µL of was evaluated against all of the tested microorganisms with MIC. Table 2. shows the MIC value of all pathogen microorganisms for this extract. The MIC values were in the range of 6.25 µL to 12.25 µL in average. According to this; the results showed good inhibitory effect with 6.25 µL for *E. coli*, *S. aureus*, *B. megaterium*, *P. aeruginosa*, *Epidermophyton sp.*, *Trichophyton sp.* with 12.25 µL for *C. albicans*, *C. glabrata*. So that means; this natural extract showed its antimicrobial affect at the lowest inhibition value tested against the development of all

bacteria and dermatophyte fungi (6.25 µL). This once again proved that this endemic extract, which we use with the MIC method, is very effective against the development of pathogenic microorganisms.

Table 1. Screening of antimicrobial effect of *C. saligna* by the agar disc diffusion method

Extract positive control; ampicillin sulbactam (*) and mikostatin (**) (120 µL and 20µg/disc), the negative control; methanol. Inhibition zone > 20 mm (extremely effect; p < 0.0001; cd), 15 – 19 mm (highly effect; p < 0.001;d), 9-14 mm (effective; p < 0.001;d), very low effect (a: p > 0.05)

Table 2. The minimum inhibition value (MIC in 100 µL) of *C. Saligna* against the microorganisms

Microorganisms	Inhibition area (mm)		
	<i>C. saligna</i>	Control	
		Methanol	Standart antibiotics
<i>E. coli</i>	20.3±0.5 ^d	8.6±0.5 ^c	14.3±0.5*
<i>S. aureus</i>	18.3±0.5 ^d	10.3±0.5 ^c	14.3±0.5*
<i>B. megaterium</i>	20.3±0.5 ^d	13.3±1.1 ^c	13.0±1.0*
<i>P. aeruginosa</i>	20.3±0.5 ^d	14.0±1.7 ^c	12.3±0.5*
<i>C. albicans</i>	9.6±0.5 ^c	8.3±0.5 ^c	12.3±0.5**
<i>C. glabrata</i>	9.6±0.5 ^c	8.3±0.5 ^c	9.6±0.5**
<i>Epidermophyton sp.</i>	13.6±1.5 ^c	9.3±0.5 ^c	9.6±0.5**
<i>Trichophyton sp.</i>	24.6±1.5 ^{cd}	8.3±0.5 ^a	9.6±0.5**

Microorganisms	Inhibition area (µL)	
	MIC values	
	<i>C. saligna</i>	
<i>E. coli</i>	6.25	
<i>S. aureus</i>	6.25	
<i>B. megaterium</i>	6.25	
<i>P. aeruginosa</i>	6.25	
<i>C. albicans</i>	12.25	
<i>C. glabrata</i>	12.25	
<i>Epidermophyton sp.</i>	6.25	
<i>Trichophyton sp.</i>	6.25	

It is seen that there are studies about antimicrobial and biological activities of different *Centaurea* species in the literature. Just to clarify, our study is highly significant effect on both dermatophyte fungi and microorganisms by the smallest concentration even.

As Okut et al. [23], stated in their study that the total diameter assessment was called as sensitive, very sensitive and extremely sensitive.

The antimicrobial property of *C. saligna* is high quite against bacteria, yeast and dermatophyta fungi compared to standard antibiotic and methanol and hence it can be a natural antimicrobial agent. However, before revealing their potential as *C. saligna* antimicrobial agents to be used in the pharmaceutical industry, the cytotoxicity of this plant against human cells has been studied. These results are consistent with previous study reports.

On the antimicrobial effect of *C. saligna* a study has been done. It has a preventive effect on *B. megaterium*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *B. subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* bacteria and *C. albicans* with a 9-11 mm zone [24]. The feature that distinguishes our study is that its efficiency at the lowest concentration (MIC) was

tested and an antidermatophyte effect on *Epidermophyton sp.* and *Trichophyton sp.* along with other bacteria.

Tekeli et al. [25], It was specified that eight different *Centaurea* species (MIC value; 8 to 0.0625 mg/ml) against *E. coli*, *B. cereus*, *Salmonella enteritidis* and *S. aureus* some indicated inhibitory effect while others did not. Serial dilutions used were prepared as concentrations ranging from 8 to 0.0625 mg/ml. The MIC of *C. saligna* is effective against the growth of *E. coli* and *S. aureus* at a concentration of 6.25 mg/ml.

Bach et al. [26], have stated in their study that the extracts from the weeds *C. tweediei* and *C. diffusa* have antimicrobial (*B. subtilis*, *Rhodococcus aurantiacum* and different species of *Staphylococci* including *S. aureus*, *S. aureus* methicillin-resistant and *S. epidermidis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* and *K. pneumoniae* were used from gram-negative and gram positive isolates) and cytotoxic activities. Although it has cytotoxicity, *C. diffusa* chloroform extract and cnicin are important in terms of being topically antibiotics against skin-associated pathogens. Compared to the same type of bacteria used in the study, it had a bactericidal effect on bacterial growth in our study. This is due to differences in the amount (25 mg ml⁻¹) and type applied.

Uysal et al. [5], showed that *C. polyclada* DC., *C. persica* Boiss., and *C. consanguinea* DC. ethanol and acetone extracts have preventive effect on the microorganisms. When the effect of *C. saligna* on the bacteria and *Candida* strains used in the study is compared, the antimicrobial effect of the species used is at the same high level. However, our study differs with the use of *Epidermophyton sp.* and *Trichopyton sp.*

In another study, Sarker et al. [27], determined that *C. persica* methanol extract show antimicrobial effect on the *E. coli*. On the other hand, *C. saligna* extract showed higher antibacterial properties against *E. coli* proliferation.

In another study; It was observed that three sesquiterpene lactones from *C. solstitialis* L. ssp. *solstitialis* had antiviral and antimicrobial effects on against both standard and isolated microorganism species. According to the results of the study, three sesquiterpene lactones showed similar low effect against fungi (MIC ¼ 64 mg ml⁻¹), gram negative (MIC ¼ 64–256 mg ml⁻¹) and gram-positive bacteria (MIC ¼ 64–128 mg ml⁻¹). However, 13-acetyl solstitialin A and, to a lesser amount, kentaurepentin and chlorojanerin had moderate effect on standard and isolated strains of *S. aureus* (16 and 32 mg ml⁻¹ values, respectively), which was comparable to AMP (1 and 16 mg ml⁻¹ values, respectively) [2]. 25 mg ml⁻¹ dosage extract of *C. saligna* showed extremely effect and highly antibacterial properties on *E. coli* and *S. aureus*.

4. CONCLUSION

We believe that this may be due to the different *Centaurea* species, the different dosage applied and the different proportions of beneficial compounds in the species.

The results of this study revealed the potential of Endemic *C. saligna* in terms of antimicrobial effect. As a matter of fact, *C. saligna* can be scientific evidence for studies in the field of ethno-pharmacology with this feature. Moreover, By determining the effects of this plant used on microorganisms, it will guide people's traditional usage correctly.

Acknowledgements

We would like to thank Professor Dr. Sevda Kırbağ at Department of Biology, Firat University for her contribution to our work.

REFERENCES

- [1] Güvensen NC, Keskin D, Güneş H, Oktay MK, Yıldırım H. Antimicrobial property and antiproliferative activity of *Centaurea babylonica* (L.) L. on human carcinomas and cervical cancer cell lines. *Ann Agric Environ Med.* 2019;26(2):290-297.
- [2] Özcelik B, Gurbuz I, Karaoglu T, Yesilada E. Antiviral and antimicrobial activities of three sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* L. subsp. *solstitialis*. *Microbiol Res.* 2009;164:545-552.
- [3] Khatun S, Parlak KU, Polat R, Cakilcioglu U. The endemic and rare plants of Maden (Elazığ) and their uses in traditional medicine. *J Herb Med.* 2012;2(3):68-75.
- [4] Erdogan T, Gonenc T, Cakilcioglu U, Kivcak B. Fatty acid composition of the aerial parts of some *Centaurea* Species in Elazığ. *Turkey Trop J Pharm Res.* 2014;13(4):613-616.
- [5] Uysal I, Çelik S, Sağlam H, Güven K. Antimicrobial and antioxidant activities of Some Species of *Centaurea* collected from Turkey. *Asian J Chem.* 2013;25(2):666-670.
- [6] Bülent Köse Y, İşcan G, Demirci B, Başer KHC, Çelik S. Antimicrobial activity of the essential oil of *Centaurea aladagensis* *Fitoterapia.* 2007;78:253-254.
- [7] Zengin G, Bulut G, Mollica A, Picot-Allain CMN, Mahomoodally MF. In vitro and in silico evaluation of *Centaurea saligna* (K. Koch) Wagenitz an endemic folk medicinal plant. *Comput Biol Chem.* 2018; 73:120-126.
- [8] Dumlu MU, Gürkan E, Naturforsch Z. A new active compound from *Centaurea* species. *Z Naturforsch C.* 2005; 61: 44-46.
- [9] Koca U, Pesin Süntar I, Keles H, Yesilada E, Küpeli Akkol E. In vivo anti-inflammatory and wound healing activities of *Centaurea iberica* Trev. ex Spreng. *J Ethnopharmacol.* 2009;126(3):551-556.

- [10] Kubacey TM, Haggag EG, El-Toumy SA, Amany AA, El-Ashrawy IM, Youns MM. Biological activity and flavonoids from *Centaurea alexanderina* leaf extract. *J Pharm Res.* 2012;5(6):3352-3361.
- [11] Albayrak S, Atasagun B, Aksoy A. Comparison of phenolic components and biological activities of two *Centaurea* sp. obtained by three extraction techniques. *Asian Pac J Trop Med.* 2017;10(6):599-606.
- [12] Baykan Erel S, Demir S, Nalbantsoy A, Ballar P, Khan S, Karaalp C, et al. Cytotoxic, antioxidant, antiinflammatory capacities of five *Centaurea* L. species and in vivo antiinflammatory evaluation of *Centaurea athoa*. 10th ISOPS. Ankara; 2012.
- [13] Zater H, Huet J, Fontaine V, Benayache S, Stevigny C, Duez P, et al. Chemical constituents, cytotoxic, antifungal and antimicrobial properties of *Centaurea diluta* Ait. sub sp. *algeriensis* (Coss. & Dur.) Maire. *Asian Pac J Trop Med.* 2016;9(6):554-561.
- [14] Şen A, Bitiş L, Birteksöz-Tan S, Bulut G. In vitro evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of some *Centaurea* L. species. *J Pharm Res.* 2013;1:42-45.
- [15] Koukoulitsa E, Skaltsa H, Karioti A, Demetzos C. Bioactive sesquiterpene lactones from *Centaurea* species and their cytotoxic/cytostatic activity against human cell lines in vitro. *Planta Med.* 2002;68(7):649-52.
- [16] Kilic O. Essential oil compounds of three *Centaurea* L. taxa from Turkey and their chemotaxonomy. *J M Plant Res.* 2013;7(19):1344-1350.
- [17] Riham OB, Shaza AEHM, Nahla A. Phenolic profile of *Centaurea aegyptiaca* L. growing in Egypt and its cytotoxic and antiviral activities. *Afr JT radit Complement Altern Med.* 2016;13(6):135-143.
- [18] Panagouleas C, Skaltsa H, Lazari D, Skaltsounis A, Sokovic A. Antifungal activity of secondary metabolites of *Centaurea raphanina* subsp. *mixta*, growing wild in Greece. *Pharm Biol.* 2003;41(4):266-270.
- [19] Barry L, Hainer, MD. Dermatophyte infections. *Am Fam Physician.* 2003;67(1):101-109.
- [20] Davis PH. *Flora of Turkey and the Aegean Islands.* V: 7, 8, 9. England: Edinburgh Univ. Press;1970-1984-1985.
- [21] Collins CH, Lyne PM. *Microbiological methods.* London: Butter worths & Co. (Publishers) Ltd; 1989. p. 410.
- [22] Güllüce M, Adıgüzel A, Oğütçü H, Şengül M, Karaman I, Şahin F. Antimicrobial effects of *Quercus* L. extract. *Phytother Res.* 2004;18(3):208-211.
- [23] Okut N, Yıldırım B, Ekici K, Terzioğlu Ö, Özgökçe F. Identification of chemical composition and antibacterial properties *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* leaf essential oil. *Y Y U J Agr Sci.* 2018;28(2):186-191.
- [24] Keser S, Keser F, Türkoğlu İ, Kaygılı Ö, Tekin S, Demir E, et al. In vitro biological evaluation and phytochemical contents of three *Centaurea* L. species growing from Eastern Anatolia in Turkey. *KSÜ J Agr Nat.* 2020;23(1):148-156.
- [25] Tekeli Y, Zengin G, Aktumsek A, Sezgin M, Torlak E. Antibacterial activities of extracts from twelve *Centaurea* species from Turkey. *Arch Biol Sci Belgrade.* 2011;63(3):685-690.
- [26] Bach SM, Fortuna MA, de Trimarco ARJT, Catalan CAN, Av-Gay Y, Bach H. Antibacterial and cytotoxic activities of the sesquiterpene lactones cnicin and onopordopicrin. *Nat Prod Commun.* 2011;6(2):163-166.
- [27] Sarker Satyajit D, Nahar L, Gujja S, Begum S, Celik S. Bioactivity of *Centaurea persica* Boiss. (Asteraceae). *Arch Biol Sci* 2012;64(2):517-523.



Doğu Akdeniz Bölgesinde Yetişen Dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

Zeynep DUMANOĞLU^{1*}, Umrul GUZEL², Atilla ÇAKIR³

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bozyazı Tarım ve Orman Müdürlüğü, Mersin, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Zeynep DUMANOĞLU ORCID No: 0000-0002-7889-9015

Umrul GUZEL ORCID No: 0000-0002-7841-521X

Atilla ÇAKIR ORCID No: 0000-0001-9732-9272

*Sorumlu yazar: zdumanoglu@bingol.edu.tr

(Alınış: 25.03.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar

Kelimeler

Akdeniz,
Opuntia Ficus-İndica,
 Tohum
 Boyutları,
 Tohum
 Özellikleri

Öz: Dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Amerika ve Avrupa'da üretilen ve tüketilen bir meyve olmasına karşın ülkemizde Akdeniz ve Ege kıyı bölgelerdeki şehirlerde bilinmekte ve yetiştirilmektedir. Tüketiciler tarafından yerel pazarlara çıkış zamanları takip edilen bu meyvenin ticari boyutta üretilmesi ve işlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca ülkemizde yetişen bu meyvenin genetik konumu ve ıslah çalışmaları da yapılmaktadır. Bu araştırma 2018-2019 yılları arasında yürütülmüştür. On dört farklı genotipten alınan tohumların bazı fiziksel özellikleri (şekil-boyut, yüzey alan, ortalama aritmetik-geometrik çap, küresellik, bin dane ağırlığı) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tohumların genel olarak 2,255-2,524 mm uzunluğa ve 1,666-2,044 mm genişliğe sahip olduğu saptanmıştır. Bu verilere göre, tohumların kısa ve oval bir yapıda; 4,097-6,250 g arasında bin dane ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir.

28

A Research on Determination of Some Physical Properties of Indian figs (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Seeds Grown in the Eastern Mediterranean Region

Keywords

Mediterranean,
Opuntia Ficus-İndica,
 Seed Size,
 Seed
 Characteristic

Abstract: Although *Opuntia Ficus-İndica* L. is a fruit produced and consumed in America and Europe, it is grown only in cities in the coastal regions in our country. It is a fruit that is watched intensively by the consumers in the local markets. In this study, some physical properties of *Opuntia Ficus-İndica* plant seeds have been determined in order to increase the production possibilities of the this plant, to produce and process it commercially. In addition, the genetic location and breeding studies of this fruit grown in our country are also carried out. The study was carried out between 2018-2019. *Opuntia Ficus-İndica* seeds obtained from fruits with different fourteen genotypes collected from the Mediterranean region; some physical properties (shape-size, surface area, mean arithmetic-geometric diameter, sphericity, thousand grain weight) were determined. It was determined that *Opuntia Ficus-İndica* plant seeds generally have a length ranging from 2,255-2,524 mm and a width of 1,666-2,044mm. The seeds have a short and oval structure; it has been determined to have a weight of 4,097-6,250 g thousand grain.

1. GİRİŞ

Ülkemizde Akdeniz ve Ege Bölgelerinin özellikle kıyı şeridinde doğal olarak yetişebilme yeteneğine sahip olan

dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Cactaceae familyasına ait bir bitkidir [1, 2]. Yetiştigi bölgeye göre "hint inciri, papaz yemişi, frenk inciri ve babutsa" gibi farklı yerel isimlerle anılmaktadır [3]. Dikenli incir, Meksika orjinli olması ile birlikte genel olarak Akdeniz

Bölgelerinde yaygın olan ve günümüzde pek çok ülkede kendiliğinden ya da kültüre alınarak yetiştirilmektedir [4, 5]. Kurak iklimlerin yanında daha çok subtropik iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde yaygın olarak görülmektedir [6]. Dikenli incir, dünyada tanınan bir ürün olmasına karşın, ülkemizde tüketicilerin yerel pazarları takip ederek ulaştıkları bir meyvedir. Ekonomik anlamda ülkemizde hak ettiği yere ulaşamayan bu meyve ile ilgili olarak ne yazık ki yapılan herhangi bir istatistikî bir çalışma da bulunmamaktadır.

Dikenli incire yol kenarlarında, tarım arazilerinin ya da konutların etraflarında rastlama olasılığı oldukça yüksektir [7]. Bu bitkinin sahip olduğu meyvelerin iriliği ile içerisinde yer alan tohumların miktarı doğrusal bir orantı ile artıp-azaldığı belirlenmiştir [8]. Ayrıca, dikenli bir yapıya sahip olduğundan, tüketiciye ulaştırma aşamasında meyve yüzeylerinde bulunan bu kısımlar yıkama-fırçalama gibi işlemlerden geçirilerek temizlenmektedir [9].

Dikenli incir, gıda sektörünün yanında pek çok faydalarının bulunması sebebiyle sağlık sektörü tarafından da tercih edilmektedir. İçerdiği fenoller, flavanoidler, karotenler, linoleik asitler ile vitamin (C, E, B vitaminleri), mineraller (K, Ca, P ve Se gibi) ve serbest aminoasitlerin (Alenin, Lisin, Fenilalenin gibi) [10, 11, 12], kardiyovasküler rahatsızlıklar, diyabet ve kolesterol gibi günümüzde sık karşılaşılan sağlık problemlerine iyileştirici bir etkisi olduğu yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir [13, 14, 15]. İnsan sağlığını destekleyici ürünlerin içerisinde (yüksek miktarda mineral-ağırlıkça %19,6, selüloz-ağırlıkça %21,6 ve %70 oranında polisakkaritler) bu bitkinin kullanımı da yaygınlaşmıştır [16].

Turuncu-Sarı gibi renklere sahip olan dikenli incir, genel olarak ülkemizde Ağustos-Eylül ayları arasında olgunlaşmakta ve sabah erken saatlerde hasadı yapılmaktadır. Kuzey Amerika gibi bölgelerde ise; daha çok kırmızı-mor gibi renklere olabileceği gibi, yeşil hali de tüketiciler tarafından damak tadına bağlı olarak tercih edilmektedir [17]. Zoghiami ve ark.'nın (2002) yapmış olduğu araştırmaya göre; dikenli incir bitkisinin ekonomik verim yaşı 7-8 olarak tespit edilmiş ancak 2-3 yaşından itibaren de ürün alınabileceği fakat ticari olarak bu meyvelerin değerlendirilemeyeceği ortaya koymuştur [18].

Dünyadaki en önemli dikenli incir üretimi Meksika'da yapılmaktadır. Bu meyveyi yılda yaklaşık 812 t'luk bir üretim hacmiyle %70'ni taze, %30'unu işlenmiş gıda olarak tüketicilere ulaştırdıkları belirtilmektedir [19, 20]. Ürünün, kabuk ve diken gibi kısımları meyvenin %48'ini oluştururken, bu kısımlar ayrıldıktan sonra meyvenin içi tercihe bağlı olarak (taze, işlenmiş ürün) tüketilmektedir [21, 22, 23]. Dünyada farklı şekillerde ve sektörlerde yoğun olarak tüketilen bir meyve olması sebebiyle ürün işleme basamağı ayrıca önem taşımaktadır. Bitkinin hasadı, meyvelerinin ayrılması, dikenli kısımlarının meyve yüzeyinden temizlenmesi ve akabinde hazırlanan ürünün üretim bandına alınması söz konusudur. Meyvenin kabuklarından, tohumlarından ve diğer

aksamlarından ayrılarak iç kısmının çıkartılmasından sonra ise; ürün değerlendirileceği alana bağlı olarak (taze, işlenmiş gıda vb.) işletme içerisinde bir başka kısma alınmaktadır. İşlenmiş gıdaların içeriklerini vitamin ve mineral bakımından zenginleştirmek için bu tarz meyveler kullanılmaktadır. Ayrıca tıbbi alanda da kullanım söz konusudur. Bu nedenle, kullanım yerine bağlı olarak dikenli incir (meyve, kabuk, diken ve tohum vb.) değerlendirilmektedir.

Dikenli incir, ayrıca hayvan yemi, atık suların arıtılması [24, 25], erozyon kontrolü ve arazi ıslahı gibi pek çok alanda da değerlendirilmektedir [26, 27, 28].

Bu çalışma, ülkemizde ekonomik olarak hedeflenen noktaya gelmesi için araştırmalara konu olan dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.)'e ait 14 farklı genotipteki bitki materyali ile gerçekleştirilmiştir. Doğu Akdeniz Bölgesinden 7 farklı lokasyondan bu materyaller toplanmış; meyvelerinin içerisinde yer alan tohumlar elle temizlenerek araştırma için kullanılabilir forma getirilmiştir. Bu bitkiye ait tohumların bazı fiziksel özellikleri belirlenerek, genotipler arasındaki benzer-farklılıklar saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilecek olan verilerin, ürün işleme basamağında, tercih edilecek ya da yeni tasarım-üretimi yapılacak olan alet-makine, ekipman ya da makine sistemlerinin doğru bir şekilde seçiminin yapılarak en az kayıp ile ürünün değerlendirilmesi için temel kaynak oluşturması ve ayrıca farklı genotiplerin incelenmesi sebebiyle ileride yapılacak olan genetik ve ıslah çalışmalarında bu verilerin araştırmacılara yardımcı olması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Doğu Akdeniz Bölgesinden (7 farklı lokasyon) 19.07.2018-16.08.2018 tarihleri arasında farklı dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) genotiplerinin meyvelerinden ayrılan tohumlar üzerinde yapılmıştır. Bu tohumlar, 2018-2019 yılları arasında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri ve Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalları ile Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümüne ait laboratuvarlarda incelenmiştir.

On dört farklı dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) genotipi elle hasadı edilmiş meyvelerin içerisinde tohumlar yine aynı şekilde ayrılmıştır. Meyveden ayrılan ve temizlenen tohumlar rastgele olacak şekilde örneklenmiş ve bu tohumların bazı fiziksel özellikleri (şekil-boyut, yüzey alan, ortalama aritmetik-geometrik çap, küresellik, bin dane ağırlığı) belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada denemeler, üçer tekrarlı olacak şekilde tesadüf deneme parselleri deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların analizi için SPSS V.21 istatistik programı kullanılarak $p < 0,05$ önemlilik düzeyinde, One-Way ANOVA ve DUNCAN gruplandırması istatistikî yöntemleri uygulanarak genotipler arasındaki değişim belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1. Tohumların Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

2.1.1. Tohumların Şekil-Boyut Özellikleri

Şekil-boyut ölçüleri, genel olarak her tohuma özgü bir özelliktir. Tohumlar geometrik olarak uzun, orta veya kısa (Tablo 1) ve şekil özelliklerine bağlı olarak da yuvarlak, oval veya uzun (Tablo 2) olarak sınıflandırılmaktadır [29].

Tablo 1. Geometrik özelliklerine göre tohumların sınıflandırılması

Tohum Geometrisi	Tohum genişliği/Tohum uzunluğu (b/a) (mm)
Uzun	0,6
Orta	0,6 – 0,7
Kısa	> 0,7

Yapılan çalışmada, on dört farklı dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) bitkisinin genotiplerinden gelen tohumlar rastgele olacak şekilde örneklenmiş; her bir genotipten 100'er adet tohum Nexius Zoom marka bir stereo mikroskop (Mikroskop yazılımı: Image Focus V2.4) kullanılarak ölçülendirilmiştir [30].

Tablo 2. Tohum şekil özelliklerine göre tohumların sınıflandırılması

Tohum Şekil Özellikleri	Uzunluk (a), Genişlik (b), Kalınlık (c) (mm)
Yuvarlak	$a \approx b \approx c$
Oval	$a/3 < b \approx c$
Uzun	$c < b < a/3$

2.1.2 Yüzey alan

İncelenen tohumların temel fiziksel özelliklerinden bir diğeri tohum yüzey alanlarının belirlenmesidir. Nexius Zoom marka stereo mikroskop kullanılarak (Image Focus 4.0 V2.4) her bir genotipten rastgele alınan 100'er adet tohumun yüzey alanları belirlenmiştir [31].

2.1.3 Ortalama Geometrik Çap ve Ortalama Aritmetik Çap

Ortalama aritmetik ve ortalama geometrik çap, yapılan çalışmalar sonrasında belirlenen eşitlikler kullanılarak on dört farklı genotipten elde edilen tohumlara ait değerler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 [32, 33, 34] ile bu eşitliklerde kullanılan indisler aşağıda verilmiştir.

Ortalama Aritmetik Çap:

$$D: (L + W)/2 \quad (1)$$

D: Tohuma ait aritmetik Çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

W: Tohuma ait genişlik değeri (mm)

Ortalama Geometrik Çap:

$$D_0: (L * D^2)^{1/3} \quad (2)$$

D₀: Tohuma ait geometrik çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

D: Tohuma ait aritmetik çap (mm)

2.1.4 Küresellik

Tohumlara ait küresellik değeri uzunluk (mm) değeri ve geometrik çap değeri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu değer belirlenmesinde, Eşitlik 3 kullanılmıştır [32, 33, 34].

Küresellik:

$$\Phi: D_0/L \quad (3)$$

Φ: Tohumun küresellik değeri (birimsiz)

D₀: Tohum ortalama geometrik çap (mm)

L: Tohum uzunluğu (mm)

2.1.5 Bin Dane Ağırlığı

Tohumların karakteristik özelliklerinden biri bin dane ağırlığıdır. Tohumun yapısına bağlı olarak değişkenlik gösteren bu değer, her tohum grubu için ayrı bir öneme sahiptir. Çalışmada, on dört farklı genotipten rastgele alınan tohumların bin dane ağırlıkları üçer tekrarlı olacak şekilde sayılmış ve 0,0001 g hassasiyetli Radweg AS 220.R2 analitik terazi kullanılarak tartılmıştır [35, 36].

3. BULGULAR

3.1 Şekil-Boyut ve Yüzey Alan

On dört farklı genotipten elde edilen tohumların incelenmesinin ardından, ortalama uzunluk bakımından en yüksek değeri 9. genotipten gelen tohumlarda (2,524 mm) en düşük değeri ise 1. genotipten gelen tohumlarda (2,255 mm) belirlenmiştir. Benzer durum ortalama genişlik değerinde de kendisini göstermiş, en yüksek değeri 9. genotipten gelen tohumlar (2,044 mm), en düşük değeri ise 1. genotipten gelen tohumlar (1,666 mm) ölçülmüştür. Yüzey alan değerlerinde de bu sıralama değişmemiş; en yüksek değeri 9. genotipten elde edilen tohumlarda (4,312 mm²) en düşük değer ise; 1. genotipe sahip olan tohumlarda (3,113 mm²) belirlenmiştir (Tablo 3).

Elde edilen verilere göre, bu tohumların şekil ve boyut özellikleri bakımında tüm genotiplerin kısa tohum sınıfında yer aldığı ve şekil özellikleri bakımından ise oval taneler sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Yüzey alanı bakımından on dört farklı genotipten alınan dikenli incir tohumlarını incelendiğinde ise, uzunluk (mm) ve genişlik (mm) ölçülerinde olduğu gibi 1. genotipten alınan tohumların en düşük değeri aldığı ve diğer genotiplerden ayrıldığı belirlenmiştir. 9. genotipten gelen tohumların en yüksek yüzey alanına sahip olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Dikenli İncir genotiplerine ait tohumların uzunluk, genişlik ve yüzey alan değerleri

Genotip No	Uzunluk (mm)		Genişlik (mm)		Yüzey alan (mm ²)	
	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.
1	2,255 ^a	0,179	1,666 ^a	0,154	3,113 ^a	0,315
2	2,343 ^b	0,710	1,811 ^{bc}	0,138	3,609 ^{cd}	0,315
3	2,406 ^{cde}	0,175	1,860 ^{def}	0,190	3,705 ^{def}	0,319
4	2,395 ^{bcd}	0,178	1,813 ^{bc}	0,160	3,601 ^{cd}	0,321
5	2,389 ^{bcd}	0,184	1,792 ^b	0,165	3,617 ^c	0,340
6	2,415 ^{de}	0,171	1,915 ^f	0,172	3,828 ^g	0,302
7	2,401 ^{cde}	0,169	1,879 ^{def}	0,211	3,703 ^{def}	0,411
8	2,354 ^{bc}	0,155	1,826 ^{bcd}	0,187	3,618 ^{cd}	0,311
9	2,524 ^f	0,190	2,044 ^g	0,187	4,312 ^h	0,453
10	2,405 ^{cde}	0,171	1,834 ^{bcd}	0,140	3,645 ^{cde}	0,291
11	2,383 ^{bcd}	0,140	1,890 ^{ef}	0,181	3,736 ^{efg}	0,285
12	2,287 ^a	0,167	1,710 ^a	0,168	3,298 ^b	0,323
13	2,439 ^e	0,165	1,862 ^{def}	0,193	3,782 ^{fg}	0,377
14	2,438 ^{de}	0,179	1,874 ^{def}	0,177	3,187 ^g	0,320
Ort.	2,388	0,210	1,841	0,173	3,625	0,335
p<0,05	Önem:0,00 F:14,715		Önem:0,00 F:26,508		Önem:0,00 F:63,781	

Dikenli incir tohumlarının uzunluk (mm) ve genişlik (mm) verilerini istatistiki bakımdan p<0,05 önemlilik düzeyinde incelediğimizde; One-Way ANOVA testi sonrasında genotipler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Buna göre, değerlere DUNCAN gruplandırılması yapılmıştır. Tablo 3'te uzunluk değerleri bakımından; 1. genotip ile 12. genotipten alınan tohumların; 3., 7. ile 10. genotiplerden alınan tohumları ve 4. ve 5. genotipten alınan tohumların kendi içlerinde benzer özelliklere sahip olduğu bu sebeple aynı grup içerisinde değerlendirilmiştir. En yüksek değeri alan 9.genotip ise diğer genotiplerden farklı olarak ayrı bir şekilde gruplandırılmıştır. Genişlik açısından ise; 1. ve 12. genotip; 2. ve 4. genotipler ile 3. ve 13. genotiplerden gelen tohumlar kendi içlerinde benzer özellikler göstermiş ve aynı grup altında değerlendirilmiştir. Yüzey alan bakımından ise; 2. ve 4. genotip ile 3. ve 7. genotipler kendi içlerinde aynı grupta değerlendirilmiştir.

3.2 Ortalama Aritmetik Çap ve Geometrik Çap ile Küresellik Değeri

On dört farklı genotipten gelen tohumlar rastgele örneklenerek şekil-boyut özellikleri belirlendikten sonra ilgili eşitlikler kullanılarak tohumlara ait ortalama aritmetik çap (mm), ortalama geometrik çap (mm) ve küresellik (mm) değerleri hesaplanmıştır.

Tohumlar arasında en yüksek ortalama aritmetik çapın 9. genotip tohumlarında (2,284 mm), en düşük değerin ise 1. genotipin tohumlarında (1,961 mm) olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ortalama geometrik çap ve küresellik değerlerinde de saptanmıştır. En yüksek ortalama geometrik çap ve küresellik değerlerini 9. genotipten gelen tohumlarda (sırasıyla 4,433 mm ve 1,745 mm) en düşük değeri ise 1. genotipten gelen tohumlarda (sırasıyla 2,916 mm ve 1,285 mm) hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Dikenli incir tohumlarının ortalama aritmetik ve geometrik çap değerleri ile küresellik değerleri

Genotip No	Ortalama Aritmetik Çap (mm)		Ortalama Geometrik Çap (mm)		Küresellik Değeri	
	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.
1	1,961 ^a	0,108	2,916 ^a	0,502	1,285 ^a	0,141
2	2,077 ^c	0,103	3,395 ^b	0,546	1,441 ^c	0,413
3	2,133 ^{efg}	0,124	3,680 ^{def}	0,620	1,522 ^{efg}	0,174
4	2,104 ^{cde}	0,119	3,565 ^{bcd}	0,613	1,480 ^{cde}	0,165
5	2,091 ^{cd}	0,110	3,509 ^{bcd}	0,586	1,461 ^{cd}	0,153
6	2,165 ^g	0,117	3,804 ^f	0,627	1,567 ^g	0,171
7	2,140 ^{fg}	0,135	3,702 ^{ef}	0,666	1,533 ^{fg}	0,193
8	2,095 ^{cd}	0,112	3,467 ^{bc}	0,532	1,467 ^{cd}	0,157
9	2,284 ^h	0,136	4,433 ^f	0,801	1,745 ^h	0,207
10	2,119 ^{def}	0,101	3,628 ^{cdef}	0,566	1,501 ^{def}	0,143
11	2,137 ^{efg}	0,096	3,642 ^{cdef}	0,470	1,525 ^{efg}	0,137
12	1,999 ^b	0,110	3,071 ^a	0,503	1,336 ^b	0,145
13	2,151 ^{fg}	0,109	3,784 ^f	0,572	1,546 ^{fg}	0,157
14	2,156 ^g	0,113	3,808 ^f	0,620	1,554 ^g	0,164
Ort.	2,115	0,114	3,600	0,587	1,497	0,180
p<0,05	Önem:0,00 F:44,343		Önem:0,00 F:36,106		Önem:0,00 F:44,303	

On dört farklı genotipten alınan dikenli incir bitkisine ait tohumların p<0,05 önemlilik düzeyinde istatistiki olarak incelediğimizde; One-Way ANOVA testine göre genotipler arasında farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak veriler DUNCAN gruplandırılması altında incelenmiştir. 1. genotipten alınan tohumların en düşük değeri aldığı, 9. genotipten alınan tohumların ise en yüksek değeri alarak her iki genotipinde diğer genotiplerden ayrıldığı değerlendirilmiştir. Diğer yandan; ortalama aritmetik çap bakımından genotipleri incelediğimizde, 3. ve 11. genotip; 5. ve 8. genotip ile 7. ve 13. genotipler kendi içlerinde benzer özellikler taşıdığından aynı şekilde gruplandırılmıştır. Ortalama geometrik çap açısından genotipleri incelediğimizde; 1.ve 12. genotip; 10. ve 11. genotip ile 6., 13. ve 14. genotipler kendi içlerinde benzer özellikleri taşımaları sebebiyle aynı grup içerisinde değerlendirilmiştir. Küresellik bakımından ise; 3. ve 11. genotipler; 5. ve 8. genotipler; 6. ve 14. genotipler ile 7. ve 13. genotipler kendi içlerinde aynı grup altında yer almıştır (Tablo 4).

3.3 Bin Dane Ağırlığı

Dikenli incirin on dört farklı genotipinden elde edilen tohumların bin dane ağırlıkları belirlenirken, farklı hasat döneminde (19.07.2018-16.08.2018 tarihleri arasında) meyvelerden alınan tohumların bin dane ağırlıkları (g) saptandıktan sonra her bir tohum grubu için belirlenen tohumların ortalaması bin dane ağırlıkları saptanmış [14] ve Tablo 5'da verilmiştir.

Diğer incelenen karakteristik değerlerden farklı olarak bu özelliğe 1.ya da 9. genotiplerden farklı olarak 2. ve 11. genotiplerden alınan tohumlar ön plana çıkmış; 4. ve 12. genotipten alınan tohumlarda aynı değer (5,103 g) tartılmıştır. En yüksek ortalama bin dane ağırlığı 2.genotipte (6,250 g) belirlenirken, en düşük değeri 11. genotipte yer alan tohumlarda (4,097 g) tartılarak belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Dikenli İncir bitkilerine ait tohumların ortalama bin dane ağırlıkları

Genotip No	Ortalama Bin dane ağırlıkları (g)
1	5,517
2	6,250
3	5,777
4	5,103
5	4,603
6	5,033
7	4,647
8	4,980
9	6,090
10	5,047
11	4,097
12	5,103
13	5,170
14	5,370

Dikenli incir (*Opuntia Ficus-İndica* L.) Meksika meşeli olmasına karşın Avrupa ve Akdeniz ülkelerinin pek çoğunda üretilmekte ve tüketilmekte olan bir meyvedir. Lezzetli ve bir o kadar da vitamin-mineralce zengin meyveleri tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Ancak ülkemizde daha çok Akdeniz ve Ege bölgelerindeki kentlerde yaşayanların aşına olduğu bu meyvenin ekonomik anlamda ticaretinin yapılabilmesi için kültüre alınarak, kontrollü şartlar altında yetiştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar tarafından çalışmalar sürdürülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, dikenli incir bitkisine (*Opuntia Ficus-İndica* L.) ait on dört farklı genotip ait Doğu Akdeniz Bölgesi bölgesinden, 7 farklı lokasyondan toplanmıştır. Bu meyvelerden alınan tohumların bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu fiziksel özelliklerden elde edilen veriler ayrıca $p < 0,05$ önemlilik düzeyinde istatistiki olarak da değerlendirilmiştir.

Dikenli incir tohumlarının genel olarak 2,255-2,524 mm arasında uzunluğa; 1,666-2,044 mm arasında genişliğe; tohumların kısa ve oval bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı genotiplerden alınmasına karşın tohumların şekilsel ve yapısal olarak birbirine yakın değerler elde ettiği; bin dane ağırlıklarının 4,097-6,250 g arasında olduğu saptanmıştır.

Bu araştırma sonucu ile elde edilen bu verilerin, hem taze hem de işlenmiş bir ürün olarak değerlendirilen dikenli incirin amaca uygun bir şekilde üretilmesi hedeflenmiştir. Ürün işleme aşamasında, farklı basamaklarda elde edilen bu veriler kullanılarak yeni alet-makine sistemlerinin efektif olarak değerlendirilebilecektir. Ayrıca, farklı genotiplere ait bu bilgilerin genetik açıdan araştırmalara kaynak oluşturması ve yapılacak ıslah çalışmalarında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz C. Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* L.) Agromedya Dergisi (5). 2013.
- [2] Scheinvar L. FAO Plant Production and Protection. Eds: Barbera G., Inglese P. Pimienta BE. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995; p:20-27.
- [3] Güzel U. Mersin ve Çevresinde Yetişmekte Olan Bazı Dikenli İncirlerde (*Opuntia ficus-indica* L.) En Uygun Hasat Dönemlerinin Saptanması, Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri ABD., Yüksek lisans tezi; 2019.
- [4] Inglese P, Basile F, Schirra M. Cacti: Biology and uses, California-USA, University of California Press. 2002; p:163-183.
- [5] Mashope BK. Characterization of cactus pear germplasm in South Africa. Thesis, Department of Plant Sciences, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa, Ph.D. 2007.
- [6] Yılmaz C. Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* L.) yetiştiriciliği, Tarım Türk (24) 2010, 1416.
- [7] Ak BE. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* mill.) in Turkey: growing regions and pomological traits of cactus pear fruits. Acta Hort. (ISHS); 728, 2006; p:51 – 54.
- [8] Karababa E, Coskuner Y, Aksay S. Some Physical Fruit Properties Of cactus pear (*Opuntia* spp.) that grow wild in the eastern mediterranean region of Turkey. J-PACD; 2004.
- [9] Dimitris L, Pompodakis N, Markellou E, Lionakis SM. Storage response of cactus pear fruit following hot water brushing. Postharvest Biol Tec., 38(2): 2005; p:145-51.
- [10] El-Razek FHA., Hassan AA. Nutritional value and hypoglycemic effect of prickly cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit juice in alloxan-induced diabetic rats, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5 (10): 2011; p:356-377.
- [11] Ghazi Z, Ramdani M, Tahri M, Rmili R, Elmsellem H. Chemical composition and antioxidant activity of seeds oils and fruit juice of *Opuntia ficus indica* and *Opuntia dillenii* from Morocco, Journal of Materials and Environmental Science, 6 (8): 2015; p:2338-2345.
- [12] Wan J, Chakraborty T, Xu CC, Madhumita BR. Treatment train for tailings pond water using *Opuntia ficus-indica* as coagulant, Separation and Purification Technology 211; 2019; p:448–455.
- [13] Frati A. Medical implication of prickly pear cactus 3rd Annual Texas prickly pear council. Kingsville: 1992; p:29-34.
- [14] Gurbachan S, Felker P. Cactus: new world foods. Indian Hort, 43(1); 1988; p:29-31.

- [15] Stintzing FC., Schieber A, Carle R. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *Eur Food Res Technol* 212; 2001; p:396-407.
- [16] Scaffaro R, Maio A, Gulino EF, Megna B. Structure-property relationship of PLA-Opuntia Ficus Indica biocomposites. *Composites Part B* 167;2019; p:199–206.
- [17] Barbera G, Carimi F, Inglese P, Panno M. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *J Hortic Sci* 67(3): 1992; p:307-12.
- [18] Zoghlami N, Chrita I, Bouamama B, Gargouri M, Paolo I, Filadelfio B, Mario S, et al. *Cacti: Biology and Uses*. Ed: Nobel, P.S., University of California Press, Ltd.; 2002.
- [19] SIAP, Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera Retrieved (<https://www.gob.mx/siap>); 2018.
- [20] López-Domínguez CM, Ramírez-Sucre MO, Rodríguez-Buenfil IM. Enzymatic hydrolysis of *Opuntia ficus-indica* cladode by *Acinetobacter pittii* and alcohol fermentation by *Kluyveromyces marxianus*: pH, temperature and microorganism effect, *Biotechnology Reports* 24; 2019; e0 0384.
- [21] Aksay S, Coşkun Y, Karababa E, Ekiz İH. Physical, chemical and technological properties of prickly pear (*Opuntia* spp.) fruits. *Gıda Mühendisliği Kongre ve Sergisi*: 1998; p:281-9.
- [22] Coşkun Y, Türker N, Ekiz HI, Aksay S, Karababa E. Effect of pH and temperature on the thermostability of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) yelloworange pigments, *Nahrung* 44(4): 2000; p:261-263.
- [23] Türker N, Coşkun Y, Ekiz HI, Aksay S, Karababa E. The Effect of Fermentation on the Thermostability of Yellow-Orange Pigments Extracted from Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*). *European Food Research and Technology*, 212; 2011; p:213-216.
- [24] Young KA. The mucilage of *Opuntia Ficu- Indica*: A natural, sustainable, and viable water treatment technology for use in rural Mexico for reducing turbidity and arsenic contamination in drinking water, *J. Electrochem. Soc.* 129; 2006; 178.
- [25] Pichler T, Young K, Alcantar N. Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus, *Water Sci. Technol. Water Supply* 12; 2012;179.
- [26] Le Houérou HN. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, lan reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *J. Arid Environ.* 33 (2); 1996; p:135–159.
- [27] Paiva PMG, de Souza IFAC, Costa MCVV, Santos ADFS, Coelho LCBB. *Opuntia* sp. cactus: biological characteristics, cultivation and applications. *Adv. Res.* 7 (3); 2016; p: 1–14.
- [28] Krümpel J, George T, Gasston B, Francis G, Lemmer A. Suitability of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. and *Euphorbia tirucalli* L. as energy crops for anaerobic digestion, *Journal of Arid Environments* 174; 2020;104047.
- [29] Yağcıoğlu A. Ürün İşleme, Ege Üniv. Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 517, Genişletilmiş 2. Baskı; 2015.
- [30] Dumanoğlu Z, Ozkan SS, Topcu GD. İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*; 5(2): 2019; p:292 - 298.
- [31] Dumanoğlu Z, Çakmak B. Tohum Uygulamalarının Soğan (*Allium cepa* L.) Tohumunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 33(1) 2019, p:53-66;
- [32] Mohsenin NN. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers; 1970.
- [33] Alayunt FN. *Biyolojik Malzeme Bilgisi*, Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Ders Kitabı, Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 541; 2000.
- [34] Kara M. *Biyolojik Ürünlerin Fiziksel Özellikleri*, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 242; 2012.
- [35] *International Rules for Seed Testing (ISTA)*. *International Rules for Seed Testing Book*; 2007.
- [36] Dumanoğlu Z, Dönmez C, Çakır MF. General Characteristics of Seeds of Some Anise (*Pimpinella anisum* L.) Lines and Effects of Film Coating on These Seeds, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)*; 8(1): 2020; p:46-53.



Geçici Stres Dönemi ve Sonrasında Biber Fidelerinin Mikro Element Alım Performansı

Hacı Yusuf KADAN¹, Özlem ÜZAL^{2*}, Fikret YAŞAR²

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

Hacı Yusuf KADAN ORCID No: 0000-0003-1701-6378

Özlem ÜZAL ORCID No: 0000-0002-1538-820X

Fikret YAŞAR ORCID No:0000-0001-6598-8580

*Sorumlu yazar: ozlemuzal@yyu.edu.tr

(Alınış: 12.04.2020, Kabul: 01.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Biber,
Capsicum annuum L.,
Capsicum frutescens L.,
 Stres sonrası,
 Tuz

Öz: Yapılan bu çalışmada; geçici tuz stresi döneminde ve sonrasında Çarliston (*Capsicum annuum* L./ tatlı) ve Acı çiçek (*Capsicum frutescens* L./acı) biber bitkisindeki metabolik olayların nasıl etkilendiğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin geçici stres dönemi ve sonrasında mikro element alımında oluşan değişikliklerin nasıl olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla 4-5 gerçek yaprağa sahip olan fidelere tuz uygulamaları yapılmıştır. Tuz uygulanmadan önce (0.gün) bitki örnekleri alınarak, tuz uygulanacak fideler için besin çözeltilisine 50 mM NaCl ilave edilmiştir. Geçici tuz stresi dönemi ve geçici stres sonrası dönemlerde (10. ve 20. günde) örnek alma işlemi yapılmıştır. Bitkilerin, toplam bitki yaş ağırlığı ile yaprak kısımlarında bazı mikro element içerikleri belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda tuz stresinin her iki biber çeşidinin de bitki gelişimi üzerine olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür. Geçici stres sonrası dönemin 20. gününde ise özellikle Çarliston biber çeşidinde toplam bitki yaş ağırlıklarının kontrole (kontrol:109.98 g tuz: 88.20 g) en yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Acı çiçek biber çeşidi ise metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırlandırarak bitkiyi kontrol edebilecek seviyede tutmuş olabileceği kanaatine varılmıştır. Ayrıca her iki biber çeşidinin yapraklarında tuz uygulama döneminin 20.gününde Fe (Çarliston kontrol: 29.39, tuz: 35.44; Acı çiçek kontrol: 26.54, tuz: 29.39 µg mg T.A.), Zn (Çarliston kontrol: 4.00, tuz: 5.4; Acı çiçek kontrol: 3.92, tuz: 5.01 µg mg T.A.) ve Mn (Çarliston kontrol: 19.14, tuz: 37.5; Acı çiçek kontrol: 23.29, tuz: 26.73 µg mg T.A.) konsantrasyonlarında artışların olduğu belirlenmiştir.

Micro Element Uptake Performance of Pepper Seedlings in Temporary Stress Period and Post-Stress Period

Keywords

Capsicum annuum L.,
 Micro element,
 Pepper,
Capsicum frutescens L.,
 post-stress

Abstract: In this study; It is aimed to clarify how the metabolic events in Carliston (*Capsicum annuum* L./sweet.) and Aci cicek (*Capsicum frutescens* L./hot) pepper plants are affected under salt stress and post- stress process and to determine the changes in the intake of micro elements in salt stress and post-stress process of plants. For this purpose, salt application was started on the seedlings having 4-5 real leaves. Before salt application (day 0) plant samples were taken, 50 mM NaCl was added into nutrient solution for seedlings to be applied salt stress. Sampling was performed on the 10th and 20th days of the salt application period and post- stress period. The total plant weight of the plants was measured and some micro element contents in the leaves were determined. As a result of the measurements, it was observed that salt stress had a negative effect on plant growth in both pepper cultivars. In the post- stress process on the 20th day, it was determined that the total plant wet weights, especially in Carliston pepper variety, were closest to control (control:109.98 g, salt: 88.20 g). In order to keep the metabolic activity under control, it was concluded that the hot pepper variety could be kept at a level that could control the plant by limiting plant growth. In addition, it was determined that Fe (Carliston control: 29.39, salt: 35.44; aci cicek control: 26.54, salt: 29.39 µ g mg F.W.), Zn (Carliston control: 4.00, salt: 5.4; aci cicek control: 3.92, salt: 5.01 µg mg F.W.) and Mn (Carliston control: 19.14, salt: 37.5; Aci cicek control: 23.29, salt: 26.73 µg mg F.W.) concentrations, were increased during the salt application period.

1. GİRİŞ

Tuz stresi, bitkilerin yetiştirildikleri ortamda, büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyecek miktarda çözünmüş tuzların bulunması sonucu ortaya çıkmaktadır [1]. Toprak tuzluluğuna sebep olan bileşikler genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlardır. Ancak doğada en çok rastlanılan tuz formu sodyum klorür (NaCl)'dür [2, 3, 4].

Sularda ve toprakta tuz konsantrasyonunun artmasıyla bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, bitkinin yaşamı için hasar verici etkilere neden olmaktadır. İyon dengesi, su durumu, mineral beslenme, stomatal hareketler, fotosentez etkinliği, karbon dağılımı ve kullanımındaki değişiklikleri içeren çeşitli fizyolojik olaylar sonucunda bitki büyüme ve gelişimi yavaşlamaktadır [5, 6]. İyon dengesizliğinin ve köklerde hücre zarı geçirgenliğinin bozulmasının bitkinin beslenme rejimini etkileyerek, metabolik olaylarda kullanılan temel bazı elementlerin alımını engellediği, bunun sonucunda da bazı fizyolojik sorunların ortaya çıkacağı ileri sürülmektedir [7]. İyon dengesizliği ile ilgili benzer bir açıklamada Bohra ve Döffling [8]; Yaşar, [9]; Yasar ve ark., [10]; Yıldız ve ark., [11]; Üzal ve Yıldız, [12] tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar tuz stresinde bitkinin kök bölgesinde iyon dengesinin bozulduğunu; artan miktardaki sodyum alımının diğer mineral maddelerinin alımı ile rekabete girerek beslenme noksanlığına yol açtığını bildirmişlerdir. Levitt [13]'e göre tuz stresinden kaynaklanan iyon toksisitesi birincil stres, su stresi ve mineral beslenme ile ilgili olan etkiler ise ikincil stres olarak tanımlanmıştır.

Bitkisel üretimde tuzluluğun zararlı etkisi azaltmak için; tuzlu toprakların ıslah edilmesi, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, yetiştiricilik sırasında özel tekniklerin kullanılması, tuza tolerant genotiplerin seçimi gibi uygulamalar yapılması gereken hususlardır [9, 10, 14, 15, 16].

Bitkilerde birçok metabolik olayı olumsuz yönde etkileyen ve özellikle kültür bitkilerinde ürün kalitesi ve verimi düşüren önemli abiyotik faktörlerden biri olan tuz stresi, gerek açıkta ve gerekse örtü altı yetiştiricilikte önemli payı olan biber bitkisini olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz şartlardan dolayı ürün ve kalite kayıpları da ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmanın en önemli ve en kesin yoluda tuzluluğa toleranslı bitki tür ve çeşitlerini geliştirmek ve tuzluluğun olumsuz etkilerini giderici uygulamalar yapmaktır. Ancak böyle toleranslı tür ve çeşitleri geliştirebilmek için; özellikle önce bitkinin stres mekanizmasını çok iyi aydınlatmak gerekmektedir. Tuzluluğun bitkilerin mikro besin kompozisyonunu nasıl etkilediği konusu tam olarak açık değildir. Biber bitkisinde tuz stresi sonrası geri kazanım sürecindeki içsel mekanizmalar ile ilgili yapılan bir araştırmaya rastlanmamış olup, bu yönüyle ele alındığında; çalışma bu konuda ilk olması nedeniyle özgündür. Bu çalışmada tuz stresi altında kalan bitkilerin stres döneminde ve sonrasında bitki toplam ağırlığında ve mikro element alımında nasıl bir değişikliğin olduğu, bitkilerin hangi

uyum mekanizmaları geliştirdiğini anlamak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültüründe yürütülen çalışmada Charleston ve Acı çiçek biber çeşitleri kullanılmıştır. Biber tohumları, pomza ve torf doldurulmuş alt yüzeyi 0,5 cm çapında toplam 9 adet deliğe sahip çimlendirme kaplarına 100'er adet tohum ekilip sonra çeşme suyu ile sulanmıştır. Çimlendirme kapları, 25±1 °C sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilerek, çeşme suyu ile sulanmaya devam edilmiştir. Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve ilk gerçek yaprakları görülmeye başlayan fidelerde sulama Hoagland besin çözeltisiyle [17] yapılmaya başlanmıştır. Kullanılan besin çözeltisinin içeriği Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan besin çözeltisinin içeriği

Makro elementler	g/lt	Mikro elementler	g/lt
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1.180	C ₆ H ₅ FeO ₇ .5H ₂ O	0.02
KNO ₃	0.252	Mn Cl ₂	0.00072
KH ₂ PO ₄	0.136	H ₃ BO ₃	0.00116
MgSO ₄	0.246	ZnCl ₂	0.000048
		CuCl ₂ .2H ₂ O	0.00004

Bu ortamda 2. gerçek yaprakları oluşan fideler, içinde besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetlerde bitki kökleri besin çözeltisinde olacak şekilde yerleştirilerek su kültürüne alınmıştır. Havalandırma işlemi, akvaryum pompası yoluyla yapılmıştır. Fidler iki hafta süreyle su kültüründe büyütülerek, 4-5 gerçek yaprağa sahip iken, tuz uygulamalarına başlanmıştır. Tuz uygulanmadan önce bitki örnekleri alınarak, tuz uygulamaları yapılacak fidelerin bulunduğu kaplardaki besin çözeltisine 50 mM tuz konsantrasyonunu sağlayacak NaCl ilave edilmiştir. Her hafta çözeltiler tazelenmiştir. Bu yinleme esnasında çözeltinin aynı tuz konsantrasyonda olmasına dikkat edilmiştir. Tuz uygulamasının 10. ve 20. gününde örnek alma işlemi yapılmış, daha sonra tuz uygulaması kesilip, bitkiler, içinde tuz olmayan hogland besin çözeltisinde yetiştirilmeye devam edilerek geçici stres sonrası sürecine alınmıştır. Bu süreçte ise örnek alma işlemi 10. ve 20. günde olmak üzere iki defada yapılmıştır. Bitkilerin, toplam yaş ağırlığı (g), bazı mikro element (Fe, Zn, Cu ve Mn) içerikleri belirlenmiştir.

2.1. Toplam Bitki Yaş Ağırlığının Belirlenmesi

Toplam bitki yaş ağırlığı üç tekerrürlü olarak 1/10.000' lik hassas dijital terazi ile ölçülmüştür.

2.2. Mineral Element Analizleri

Bitkilerin orta bölümündeki yaprak kısımlarından alınan bitki örnekleri -84 °C'deki derin dondurucuda saklanmıştır. Mikro element analizleri için yaş yakma metoduna göre ekstraksiyon hazırlanmış ve ekstraktlarda, mikro elementlerden Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ise, Kacar [18]'a göre Atomik Absorbsiyon

cihazında okunmuştur. Ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki mikro element miktarı $\mu\text{g mg}^{-1}$ taze ağırlık şeklinde tayin edilmiştir [19].

2.3. İstatistiksel Analizler

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları %5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

Tablo 2. Tuz uygulaması öncesi (0. gün), tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemde periyodik olarak belirlenen toplam bitki yaş ağırlıkları (g)

DÖNEM	PERİYOT	ÇARLİSTON		P DEĞ.	ACI ÇİÇEK		P DEĞ.
		KONTROL	NaCl		KONTROL	NaCl	
STRES ÖNCESİ	0. Gün	6,19±0,1 E	6,19±0,1 E	-	4,61±0,38 D	4,61±0,38 E	-
GEÇİCİ STRES UYGULAMA DÖNEMİ	10. GÜN	24,45±6,21 D	16,11±1,3 D	0,0851	10,92±2,93 C	7,83±0,21 D	0,1427
	20. GÜN	40,52±2,22 C	34,69±4,35C	0,1074	48,89±0,43 B a	35,44±0,43 C b	0,0000
GEÇİCİ STRES SONRASI DÖNEM	10. GÜN	80,97±0,55 B a	46,02±1,50 B b	0,0000	79,54±2,45 A a	42,58±2,55 B b	0,0001
	20. GÜN	109,98±3,19 A a	88,28±5,27 A b	0,0037	79,15±1,58 A a	52,66±1,71 A b	0,0000
P DEĞERİ		0,0000	0,0000	-	0,0000	0,0000	-

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı çeşidin aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Çarliston biber çeşidinin kontrol bitkilerinde dönemler boyunca bitkilerin toplam ağırlıklarında artışların olduğu tespit edilmiştir. Çarliston biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde geçici stres sonrası dönemin 10. ve 20. gününde toplam ağırlıklarında önemli ölçüde artışın olduğu belirlenmiştir. Geçici stres sonrası dönemin 10. gününde 46,02 grama ulaşan bitki toplam ağırlığının aynı dönemin 20. gününde ise yaklaşık iki katı bir gelişim gösterip 88,28 grama ulaştığı görülmüştür. Acı çiçek biber çeşidinde tuz uygulanan bitkilerin toplam ağırlıkları gerek tuz uygulama döneminde ve gerekse geçici stres sonrası dönemde önemli ölçüde arttığı dikkati çekmektedir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, çarliston biber çeşidinde geçici stres sonrası dönemin 10. ve 20. gününde kontrol bitkileri ile tuz uygulaması yapılan bitkilerin toplam ağırlıklarındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Acı biber çeşidinde ise tuz uygulama döneminin 20. gün sonunda kontrol ile tuz uygulaması arasında toplam ağırlıkları bakımından istatistiksel farklılıklar önemli bulunmuştur. Kontrol bitkilerinde 48,89 g olan toplam ağırlık, tuz uygulanan bitkilerde 35,44 g olarak belirlenmiştir. Geçici stres sonrası döneminin 10. ve 20. gününde toplam ağırlıkları bakımından önemli istatistiksel farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Aynı dönemin 10. gününde kontrol bitkilerinin toplam ağırlıkları 79,54 g iken tuz uygulanan bitkilerde 42,58 g değerine düşmüştür. Geçici stres sonrası dönemin 20. gününde ise tuz uygulanan bitkilerin toplam ağırlıklarının arttığı ve 56,55 grama ulaştığı dikkati çekmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Bitki Toplam Yaş Ağırlığındaki Değişimler

Tuz uygulaması dönemi ile stres sonrası dönemlerde, periyodik olarak alınan çarliston ve acı çiçek biber çeşidinin toplam yaş ağırlıklarında gerek kontrol bitkilerinde ve gerekse tuz uygulanan bitkilerde dönemsel olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

3.2. Bitki Yapraklarında Belirlenen Bazı Mikro Element Miktarları

3.2.1. Yapraklardaki Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Dönemler boyunca periyodik olarak alınan bitkilerin yapraklarında belirlenen demir miktarları Tablo 3.'de verilmiştir.

Çarliston ve acı çiçek biber çeşidinin gerek kontrol bitkilerinde ve gerekse tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında belirlenen Fe içeriklerinin dönemsel olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çarliston biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde özellikle uygulama döneminin 20. gününde Fe miktarlarında düşüşün olduğu fakat bunun istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ve geçici stres sonrası dönemin 10. ve 20. gününde de Fe miktarlarındaki istatistiksel farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir. Acı çiçek biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde uygulama döneminde demir miktarlarında önemli düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir. Acı biber çeşidinde istatistiksel olarak en önemli farklılığın geçici stres sonrası dönemin 20. gününde olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, çarliston biber çeşidi tuz uygulamasının 20. gününde kontrol bitkileri ile tuz uygulaması yapılan bitkilerin yapraklarında ki demir miktarları istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3. Tuz uygulaması öncesi (0. gün), tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemde periyodik olarak alınan biber bitkilerinin yapraklarda ölçülen demir miktarları ($\mu\text{g mg}^{-1}$ T.A.)

DÖNEM	PERİYOT	ÇARLİSTON		P DEĞ.	ACI ÇİÇEK		P DEĞ.
		KONTROL	NaCl		KONTROL	NaCl	
STRES ÖNCESİ	0.GÜN	33,23±5,73 B	33,23±5,73 B		36,81±9,38 B	36,81±9,38 A	-
GEÇİCİ STRES UYGULAMA DÖNEMİ	10. GÜN	35,00±5,93 B b	55,14±19,68 A a	0,1651	73,75±13,89 A a	29,08±8,55 AB b	0,0090
	20. GÜN	29,39±7,74 B	35,44±14,22 AB	0,5526	26,54±4,59 B	29,39±10,4 AB	0,6868
GEÇİCİ STRES SONRASI DÖNEM	10. GÜN	27,11±3,14 B	27,18±1,89 B	0,9729	36,64±17,7 B a	25,47±2,85 AB b	0,3431
	20. GÜN	54,69±6,85 A a	32,03±7,54 B b	0,0183	31,36±4,87 B a	22,48±2,48 C b	0,0483
P DEĞERİ		0,0018	0,1042		0,0033	0,2678	

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı çeşidin aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Ancak geçici stres sonrası dönemin 20. gününde demir miktarları bakımından farklılıkların önemli olduğu dikkati çekmektedir. Acı biber çeşidinde dönemler karşılaştırılma yapıldığında demir miktarlarında istatistiksel olarak en önemli farklılığın uygulama döneminin 10. gününde ve geçici stres sonrası dönemin 20. gününde olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. Yapraklardaki Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Dönemler boyunca periyodik olarak alınan bitkilerin yapraklarında belirlenen bakır miktarları Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Tuz uygulaması öncesi (0. gün), tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemde periyodik olarak alınan biber bitkilerinin yapraklarında ölçülen bakır miktarları ($\mu\text{g mg}^{-1}$ T.A.)

DÖNEM	PERİYOT	ÇARLİSTON		P DEĞ.	ACI ÇİÇEK		P DEĞ.
		KONTROL	NaCl		KONTROL	NaCl	
STRES ÖNCESİ	0.GÜN	1,62±0,39 BC	1,62±0,39 BC	-	2,27±0,32 AB	2,27±0,32 A	-
GEÇİCİ STRES UYGULAMA DÖNEMİ	10. GÜN	3,00±0,13 A a	2,28±0,32 A b	0,0234	2,52±0,63 A	2,05±0,22 AB	0,2951
	20. GÜN	2,00±0,22 Ba	1,26±0,52 Bb	0,0880	1,11±0,22 C	1,19±0,35 C	0,7589
GEÇİCİ STRES SONRASI DÖNEM	10. GÜN	1,82±0,19 BC a	1,20±0,31 B b	0,0438	2,03±0,17AB a	1,25±0,72 BC b	0,1465
	20. GÜN	1,35±0,42 C	1,56±0,23 B	0,4891	1,59±0,25 BC	1,82±0,32 A-C	0,3982
P DEĞERİ		0,0005	0,0339		0,0055	0,0399	

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı çeşidin aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Çarliston ve acı çiçek biber çeşidinin gerek kontrol bitkilerinde ve gerekse tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında belirlenen bakır içeriklerinin dönemsel olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çarliston biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde özellikle uygulama döneminin 20. gününde düşüşün olduğu ve bunun istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ve geçici stres sonrası dönemin 10. ve 20. gününde ise bakır miktarlarında ki istatistiksel farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir. Acı çiçek biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde bakır miktarlarında önemli düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir. Acı biber çeşidinde istatistiksel olarak en önemli farklılığın uygulama döneminde tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, çarliston biber çeşidi tuz uygulamasının 20. gününde kontrol bitkileri ile tuz uygulaması yapılan bitkilerin yapraklarındaki bakır miktarları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Fakat tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemlerinin 10. günündeki bakır miktarlarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli olduğu dikkati çekmektedir. Acı biber çeşidinde uygulamalar arası karşılaştırılma yapıldığında bakır miktarlarında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

3.2.3. Yapraklardaki Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Dönemler boyunca periyodik olarak alınan bitkilerin yapraklarında belirlenen çinko miktarları Tablo 5. 'de verilmiştir.

Çarliston ve acı çiçek biber çeşidinin gerek kontrol bitkilerinde ve gerekse tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında belirlenen çinko içeriklerinin dönemsel olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çarliston biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde özellikle uygulama döneminin 20. gününde Zn miktarında düşüşün olduğu fakat bunun istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ve geçici stres sonrası dönemin 10. ve 20. gününde ise çinko miktarlarındaki istatistiksel farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir. Acı çiçek biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde çinko miktarlarında önemli düşüşlerin olduğu, istatistiksel olarak en önemli farklılığın uygulama döneminde olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, çarliston biber çeşidi tuz uygulamasının 10. gününde kontrol bitkileri ile tuz uygulaması yapılan bitkilerin yapraklarındaki çinko miktarları farklılıkları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 5. Tuz uygulaması öncesi (0. gün), tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemde periyodik olarak alınan biber bitkilerinin yapraklarında ölçülen çinko miktarları ($\mu\text{g mg}^{-1}$ T.A.)

DÖNEM	PERİYOT	ÇARLİSTON		P DEĞ.	ACI ÇİÇEK		P DEĞ.
		KONTROL	NaCl		KONTROL	NaCl	
STRES ÖNCESİ	0.GÜN	8,68±1,75 A	8,68±1,75 A	-	9,28±1,85 A	9,28±1,85 A	-
GEÇİCİ STRES UYGULAMA DÖNEMİ	10. GÜN	6,59±1,03 AB	6,90±1,46 AB	0,7810	5,86±0,57AB b	6,93±0,26 AB a	0,0433
	20. GÜN	4,00±0,51 C b	5,4±0,45BC a	0,0249	3,92±1,09 B b	5,01±0,62 BC a	0,2089
GEÇİCİ STRES SONRASI DÖNEM	10. GÜN	5,16±1,17 BC a	3,81±0,42 C b	0,1335	5,49±1,38 AB	4,20±0,51 C	0,2057
	20. GÜN	3,75±1,10 C	3,93±0,81C	0,8315	3,86±0,71B b	5,94±2,22 BC a	0,1990
P DEĞERİ		0,0025	0,0015	-	0,0017	0,0082	-

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı çeşidin aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Fakat 20. gün sonunda çinko miktarları bakımından farklılıkların önemli olduğu dikkati çekmektedir. Acı biber çeşidinde uygulamalar arası karşılaştırılma yapıldığında çinko miktarlarında istatistiksel olarak en önemli farklılığın geçici stres sonrası dönemin 10. gününde olduğu tespit edilmiştir.

3.2.4. Yapraklardaki Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Dönemler boyunca periyodik olarak alınan bitkilerin yapraklarında belirlenen mangan miktarları Tablo 6. 'da verilmiştir.

Tablo 6. Tuz uygulaması öncesi (0. gün), tuz uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemde periyodik olarak alınan biber bitkilerinin yapraklarında ölçülen mangan miktarları ($\mu\text{g mg}^{-1}$ T.A.)

DÖNEM	PERİYOT	ÇARLİSTON		P DEĞ.	ACI ÇİÇEK		P DEĞ.
		KONTROL	NaCl		KONTROL	NaCl	
STRES ÖNCESİ	0.GÜN	36,84±3,91B	36,84±3,91 B	-	36,53±3,50 A	36,53±3,50 A	-
GEÇİCİ STRES UYGULAMA DÖNEMİ	10. GÜN	30,67±1,28 C	27,85±4,12 B	0,3214	23,29±3,65 B	26,73±4,04 B	0,3357
	20. GÜN	19,14±2,57 D b	37,50±4,78 A a	0,0043	28,50±1,23AB a	17,15±1,31C b	0,0004
GEÇİCİ STRES SONRASI DÖNEM	10. GÜN	21,16±1,98 D	24,55±4,40 B	0,2913	27,17±9,46AB	22,81±2,57BC	0,4842
	20. GÜN	43,41±4,61 A a	26,18±4,04 B b	0,0083	19,61±3,92 B b	33,79±3,52 A a	0,0096
P DEĞERİ		0,0000	0,0090	-	0,0232	0,0001	-

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı çeşidin aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Çarliston ve acı çiçek biber çeşidinin gerek kontrol bitkilerinde ve gerekse tuz uygulanan bitkilerin yapraklarında belirlenen mangan içeriklerinin dönemsel olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çarliston biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde özellikle geçici stres sonrası dönemin 10. gününde Mn miktarlarında düşüşün olduğu fakat bunun istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Acı çiçek biber çeşidinin tuz uygulanan bitkilerinde mangan miktarlarında önemli düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir. Acı biber çeşidinde Mn miktarları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar karşılaştırıldığında, çarliston biber çeşidi tuz uygulaması ve geçici stres sonrası dönemin 10. gününde kontrol bitkileri ile tuz uygulaması yapılan bitkilerin yapraklarında ki mangan miktarları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Fakat uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemin 20. günü sonunda mangan miktarları bakımından farklılıkların önemli olduğu dikkati çekmektedir. Acı biber çeşidinde uygulamalar arası karşılaştırılma yapıldığında mangan miktarlarında istatistiksel olarak en önemli farklılığın uygulama dönemi ve geçici stres sonrası dönemlerin 20. gününde olduğu tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Irshad ve ark. [20], Lacerda ve ark. [21], Cavalcanti ve ark., [22], Üzal [15], Üzal ve Yaşar [16]; Şevgin Zirek

[23], Öztaş [24], Yıldırım [25] gibi araştırmacılar tuz stresi altındaki bitkilerin gelişiminin olumsuz şekilde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, her iki biber çeşidinde de tuz stresinin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür. Geçici stres sonrası döneme geçildiğinde ise özellikle çarliston biber çeşidinde 20. günde kontrole en yakın değerlerin ölçüldüğü, hatta stress sonrası bitki gelişimi 20. günde 10. güne göre neredeyse iki katına çıkmıştır. Çarliston biber çeşidinin geçici stres sonrası dönemin 20. gününde bitki gelişiminin toparlayabildiği tespit edilmiştir. Bu veriler göz önüne alındığında tuz stresinden her iki biber çeşidinin de etkilendiği fakat geçici stres sonrası dönemde çarliston biber çeşidinde daha erken iyileşmelerin olduğu görülmüştür. Acı çiçek biber çeşidi ise metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırlandırarak bitkiyi kontrol edebilecek seviyede tutmuş olabileceği kanaatine varılmıştır. Geri kazanım sürecinde stres ortamı olmadığından dolayı bitkiler generatif fazdan vegetatif faza geçmiş bu nedenle bitki gelişimlerinde iyileşmelerin olduğu görülmüştür.

Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde mikro (Fe, Zn, Mn, ve Cu) besin elementlerinin çözünürlükleri ve taşınmaları zor olduğu için bu besin elementlerinin eksiklikleri görülür. Ancak bu eksiklikler, bitki türü, bitki dokusu, tuzluluk seviyesi ve çevresel koşullara göre farklılık gösterir. Böylece tuz stresinden dolayı bitkilerin türüne

bağlı olarak mikro element alınımını artırır ya da azalır [26]. Tuz stresine tepki olarak bazı bitkilerde Fe, Zn, Cu, Mn ve Mg gibi mikro besin maddelerinin alınımında artışların olduğunu bazı araştırmacılar belirtmişlerdir [27, 28, 29, 30, 31, 12, 32]. Yıldırım [25] biber bitkisinde yaptığı çalışmada Fe, Mn, Zn, ve Cu elementlerinin alınımının tuz stresi altında arttığını bildirmiş bunun sebebinin bitkilerin tuz stresine bir tür tepkisi olarak belirtmiştir. Yine Şevgin Zirek [23], biber bitkisinde tuz stresi üzerine magnezyumun etkilerini araştırdığı çalışmada tuz stresi altındaki bitkilerin Mn, Zn, ve Cu elementlerinin alınımının kontrol bitkilerine göre arttığını belirtmiştir. Ayrıca Shiyab [33] su kültüründe farklı tuz konsantrasyonlarını uyguladığı acı biber bitkisinin mikro element içeriklerini araştırdığı çalışmada kontrole göre bitkilerin Fe miktarının düştüğünü, Mn, Zn, ve Cu miktarlarının arttığını, Cornillon ve Palloix [34] ise su kültüründe biber çeşitlerine farklı tuz konsantrasyonlarını uyguladığı çalışmada ise tuz stresi uygulanan bitkilerin kök ve yapraklarında Zn konsantrasyonlarının arttığını tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmadan da bu bilgileri destekler nitelikte, bitki yapraklarında tuz uygulama döneminde Fe, Zn, Mn konsantrasyonlarında artışların olduğu belirlenmiştir. Mikro besin elementlerinin tuz stresi altındaki alımlarında yukarıda bahsettiğimiz araştırmacıların belirttiği gibi, tuza tepki olarak bu elementlerin alınımında kontrole göre artışlar olduğu kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu makale Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenen (Proje no: FYL-2018-7594) yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Yahya A. Responses to Soil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). Doctoral thesis, Uppsala; 1998.
- [2] Quamme HA, Stushnoff C. Resistance to Environmental Stress. "In Methods in Fruit Breeding" (J.N.Moore.J. Janick.eds.). Purdue Univ. Press. West Lapayette, 1983; 242-266.
- [3] Tal M. Selection for Stress Tolerance. In "Handbook of Plant Cell Culture, Volume 1" (D.E. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato, Y. Yamada, eds.), Collier Macmillan Publishers, London, 1983;461-487.
- [4] Munns R, Termaat A. Whole-plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol., 1986; 13: 143-160.
- [5] Brugnoli E., Lauteri M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-resistant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. Plant Physiology, 1991; 95, 628-635.
- [6] Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 2008; 59, 651- 681.
- [7] Villora G, Moreno D A, Pulgar G, Romero L. Yield improvement in zucchini under salt stress:

- determining micronutrient balance. Scientia Horticulturae, 2000; 86(3): 175-183.
- [8] Bohra JS, Döfling K. Potassium nutrition of Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties under NaCl salinity. Plant and Soil, 1993;152: 299-303.
- [9] Yaşar F. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin İn vitro ve İn Vivo Olarak İncelenmesi. (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003; Van.
- [10] Yasar F, Uzal O, Tufenkci S, Yıldız K. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress. European Journal of Horticultural Science, 2006; 71: 169-172.
- [11] Yıldız K, Üzal Ö, Yılmaz H. Consequences of NaCl Salinity on Growth and Ion Accumulation in Selected Strawberry Cultivars, European Journal of Horticultural Science, 2008; 73(2):69-72.
- [12] Üzal Ö, Yıldız K. Changes in Micronutrients Chloophyll Contents and Plant Growth of Some Strawberry Cultivars (*Fragaria x ananassa* L.) under Salt Stress. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2013; 23(2), 76-82.
- [13] Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stresses. 2nd ed. Academic Pres, New York, 1980;2: 607.
- [14] Daşgan HY, Koç S, Ekinci B, Aktaş H, Abak K. Bazı Fasulye Ve Börülce Genotiplerinin Tuz Stresine Tepkileri. Alatarım, 2006; 5 (1): 23-31.
- [15] Üzal, Ö. Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinde Jasmonik Asidin Bitki Gelişimi ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. (Doktora Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van; 2009.
- [16] Üzal Ö, Yaşar, F. Karpuz Genotiplerinde [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.] Tohum ve Fide Yaprak Özellikleri ile Tuz Toleransı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2017; 4 (3): 259-267.
- [17] Hoagland DR, Arnon DI. The water culture method for growing plants without soil. Circ.Calif. Agr. Exp. Sta., 1938; 347-461.
- [18] Kacar B. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları: 1994; 3, Ankara, 703s.
- [19] Taleisnik E, Peyran G, Arias C. Respose of Chlorisgayana Cultivars to Salinity. 1. Germination and Early Vegetatif Growth. Tropical Grassland, 1997; 31: 232-240.
- [20] Irshad M, Yamamoto S, Eneji AE, Endo T, Hona T. Urea and Manure Effect on Growth and Mineral Contents of Maize Under Saline Conditions. J Plant Nutrit, 2002; 25(1): 189- 200.
- [21] Lacerda CF, Cambraia J, Oliva M A, Ruiz HA. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. Environmental and Experimental Botany, 2005; 54(1): 69-76.
- [22] Cavalcanti FR, Lima JPMS, Ferreira-Silva SL, Viégas RA, Silveira JAG. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and

- recovery in cowpea. Journal of plant physiology, 2007; 164(5): 591-600.
- [23] Şevgin Zirek N. Biber Bitkisinde Tuz Stresi Üzerine Magnezyumun Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, 46-47s; 2017.
- [24] Öztaş Ö. Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Potasyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, 53s; 2018.
- [25] Yıldırım O. Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Kalsiyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, 74 s; 2019.
- [26] Page A, Chang A, Adriano D. Deficiencies and toxicities of trace elements. Agric Salinity Assess Manage., 1990;71: 138-160.
- [27] Alam SM. Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions. Handbook of Plant and Crop Stress, 1999; 2: 285-313.
- [28] Moreno DA, Pulgar G., Romero L. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. Scientia Horticulturae 2000; 86(3): 175-183.
- [29] Turhan E, Eriş A. Changes of Micronutrients, Dry Weight, and Chlorophyll Contents in Strawberry Plants Under Salt Stress Conditions, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2005; 36: 1021–1028.
- [30] Tunçtürk M, Yaşar F, Tunçtürk R. Effect of salinity stress on plant green weight and nutrient value of soybean (*Glycine max* L. merrill) cultivars, Asian Journal of Chemistry, 2009; 21, 1481-1489.
- [31] Tunçtürk M, Tunçtürk R, Yıldırım B, Ciftci V. Changes of micronutrients, dry weight and plant development in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under salt stress, African Journal of Biotechnology, 2011; 10, 3726-3730.
- [32] Yaşar F, Üzal Ö, Yaşar Ö. Investigation of Micro Element Intake of Potassium (K⁺) and Salt Stress Applied Pepper Plants, International Journal of Scientific & Technology Research, 2018; 7, 131-134.
- [33] Shiyab S. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.), Journal of Food, Agriculture & Environment, 2011; 9 (2) 350-356.
- [34] Cornillon P, Palloix P. Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. Journal of Plant Nutrition, 1997; 20 (9): 1085–1094.



Bazı İki ve Altı Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare L.*) Çeşitlerinin Isparta Koşullarında Performansları

Aykut ŞENER¹, Bekir ATAR^{2*}, Burhan KARA¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Isparta, Türkiye

Aykut ŞENER ORCID No: 0000-0003-1868-9451

Bekir ATAR ORCID No: 0000-0002-1446-5699

Burhan KARA ORCID No: 0000-0002-4207-0539

*Sorumlu yazar: bekiratar@isparta.edu.tr

(Alınış: 30.04.2020, Kabul: 01.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Arpa,
Adaptasyon,
Verim,
Verim özellikleri

Öz: Araştırma yerli ve yabancı arpa çeşitlerinin bölgedeki verim ve verim öğelerini belirlemek amacıyla 2015-16 ve 2016-17 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada; üçü 2 sıralı, dördü 6 sıralı yedi arpa çeşidi tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak ekilmiş ve değerlendirilmiştir. Verim ve verim özellikleri bakımından çeşitler ve yıllar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuştur. Verim bakımından 6 sıralı Scarpia çeşidi (422 kg da⁻¹) ile 2 sıralı Tarm-92 çeşidi (406 kg da⁻¹) ilk iki sırada yer almıştır. Bitki boyu ve başak uzunluğu bakımından Aydanhanım, başakta tane sayısı bakımından Kırıl-97, Bin tane ve hektolitreye ağırlığı bakımından Tarm-92 çeşitleri öne çıkmıştır.

Performances of some Two and Six Rows Barley (*Hordeum vulgare L.*) Cultivars in Isparta Conditions

Keywords

Barley,
Adaptation,
Yield,
Yield components

Abstract: The research was carried out to determine the yield and yield components of the local and foreign barley varieties in the region in the 2015-16 and 2016-17 growing seasons. In this study, seven barley varieties, three of which are in two rows, four of which are six rows, were planted at the randomized complete blocks design with four replication, and evaluated. In terms of yield and yield characteristics, the differences between varieties and years were statistically significant. In point of yield, 6-row Scarpia variety (422 kg da⁻¹) and 2-row Tarm-92 variety (406 kg da⁻¹) were in the first two places. Aydanhanım related to plant height and spike length, Kırıl-97 regarding grain number in spike, Tarm-92 in terms of thousand grain and hectolitre weight came to the fore.

1. GİRİŞ

Kültüre alınmasının üzerinden 10 bin yıldan fazla zaman geçen [1] ve tarım tarihinin en önemli ürünlerinden biri olarak yetiştirilmeye başlanan arpa (*Hordeum vulgare L.*) [2], son yıllarda ekim alanı ve üretim miktarı olarak gerilese de, insan ve hayvan beslenmesindeki vazgeçilmez yerini korumaktadır. Genel olarak hayvan besleme, malt yapımı ve az miktarlarda insan gıdası olarak tüketilmektedir. Geniş adaptasyon yeteneği sayesinde hem Türkiye’de hem de Dünya’da geniş bir coğrafyada yetiştirilmektedir. Türkiye 7.6 milyon tonluk (2019 yılı) üretimi ile dünya arpa üretiminin (141 milyon ton) yaklaşık %5’ini gerçekleştirmektedir. Ancak 269

kg/da verimi ile dünya verim ortalamasının (265 kg/da) altındadır [3].

Genel olarak çok parçalı arazi yapısı, kültürel uygulama eksiklikleri, eksik ve yanlış gübreleme tercihleri ile yanlış çeşit seçimi gibi etkenler Türkiye’de arpa verimini düşürmektedir. Ayrıca arpa genetik özelliklerinin yanında çevre koşullarından da fazlaca etkilenen bir bitkidir [4,5,6,7]. Çevre koşullarından nispeten daha az etkilenen çeşitlerin geliştirilmesi ıslahçıların uğraş verdiği sorunlardandır [8]. Belirli çevre ve iklim koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi veya mevcut çeşitler içinden bölgeye uygun olanların bulunması verim ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır.

Son yıllarda tescil edilen çeşitlerle birlikte dünyada çok fazla çeşit bulunmaktadır. İletişimin ve nakliyenin gelişmesi ile birlikte üreticiler bu çeşitlere kolay erişim imkânı yakalamaktadır. Bölge için daha önce denenmemiş çeşit kullanımı başarısızlık ve ekonomik zarara neden olabilmektedir. Bu nedenle araştırma, yerli ve yurtdışı orjinli piyasadan temin edilebilen bazı arpa çeşitlerinin Akdeniz geçit kuşağında yer alan Isparta ekolojik koşullarında tane verimi ve bazı verim özellikleri yönünden karşılaştırılması amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırma 2015-2016 ve 2016-2017 vejetasyon döneminde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Araştırma ve Deneme arazilerinde üçü Türkiye, dördü yurtdışı kökenli olmak üzere toplam yedi arpa çeşidi kullanılarak, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak; Tarm-92 (Türkiye-2 sıralı),

Aydanhanım (Türkiye-2 sıralı), Kırıl-97 (Türkiye-6 sıralı), Ramata (Fransa-6 sıralı), Scarpia (Almanya-6 sıralı), Cervoise (Fransa-6 sıralı) ve Novosadski565 (Sırbistan-2 sıralı) çeşitleri kullanılmıştır. Ekimler her bir parselde 6 sıra olacak şekilde, (sıra arası 17 cm ve metrekaareye 500 tohum hesabıyla 5 m uzunluğundaki parsellere yapılmıştır. Her iki deneme yılında ekimler Ekim ayının ikinci haftasında gerçekleştirilmiştir. Ekimden önce 30 kg da⁻¹ Süper Ekin® gübresi [13-25-5+10(SO₃)+ Zn(%0.5)] (3.9 kg N, 7.5 kg P₂O₅, 1.5 kg K₂O ve 3 kg SO₃ da⁻¹) uygulanarak toprağa karıştırılmıştır. Azotun kalan kısmı (6.1 kg da⁻¹) üst gübre olarak kardeşlenme döneminde amonyum sülfat (%21 N) formunda uygulanmıştır. Yağışlar haricinde sulama yapılmamıştır. Yabancı ot mücadelesi için 2.4-D terkipli herbisit kullanılmıştır. Deneme alanı toprağı killi-tınlı bir yapıya sahip olup, hafif bazik, kireç oranı yüksek ve organik madde oranı düşük yapıdadır (Tablo 2).

Tablo 1. Deneme dönemi ve uzun yıllara ait iklim verileri*

	Yıllar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ort./Top
Ortalama	2015/16	14.5	8.7	2.4	1.6	7.1	7.7	14.5	15.1	22.0	25.4	11.9
Sıcaklık (°C)	2016/17	14.8	7.2	0.3	-0.8	3.0	7.3	10.6	14.9	20.1	25.1	10.2
	Uzun yıllar	13.0	7.4	3.5	1.9	2.9	6.2	10.8	15.6	20.2	23.7	10.5
Toplam Yağış (mm)	2015/16	23.1	17.5	6.4	96.8	33.3	59.9	47.8	87.6	12.4	25.7	410.5
	2016/17	1.6	48.8	33.5	87.8	3.6	25.6	149.5	30.9	13.1	20.4	414.8
	Uzun yıllar	37.1	45.9	82.1	73.6	64.0	55.3	55.3	30.6	14.6	11.7	470.2

*Isparta Meteoroloji İstasyonu iklim verileri

Hasat her iki yılda da, tam olum döneminde, Temmuz ayının ortalarında yapılmıştır. Parsellerin yanlarından birer sıra ve uçlardan 0.5 m kenar etkisi atıldıktan sonra kalan kısımlar (4 sıra ve 4 metre) hasat edilmiştir. Her bir çeşitte bitki boyu, başak boyu, başaktaki tane sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane verimi

ölçümleri yapılmıştır. İstatistiksel analizler TOTEMSTAT paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla LSD Testi kullanılmıştır.

Tablo 2. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel analiz sonuçları*

Tekstür	Toplam Tuz (%)	pH	Kireç (%)	CaCO ₃	Yarayışlı Besin Elementleri (kg/da)			Organik Madde (%)
					Azot (%) (NO ₃)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Potasyum (K ₂ O)	
Killi-tınlı	0.019	7.91	32.44		0.31	2.04	2.27	1.8

*ISUBÜ Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Isparta koşullarında yetiştirilen farklı arpa çeşitlerinde incelenen özelliklerin ortalamaları ve farklılık gruplandırılmaları Tablo 3'te verilmiştir. İncelenen tüm özellikler P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı arpa çeşitlerinin bitki boyu ortalamaları incelendiğinde; 2015-16 yetiştirme sezonunda en yüksek bitki boyu Aydanhanım (78.6 cm) ve Tarm-92 (75.9 cm) çeşitlerinde ölçülürken, en düşük bitki boyu Kırıl-97 (53.2 cm) ve Cervoise (53.9 cm) çeşitlerinde belirlenmiştir. 2016-17 üretim sezonunda bitki boyu ortalamaları (76.5 cm) 2015-16 sezonu ortalamalarına (61.8 cm) göre artış göstermiştir. 2016-17 üretim sezonunda en yüksek bitki boyu ortalamaları yine Aydanhanım (102.5 cm) çeşidinde ölçülmüştür. En düşük bitki boyu ortalamaları Novosadski565 (67.0 cm),

Cervoise (65.1 cm) ve Kırıl-97 (53.2 cm) çeşitlerinde belirlenmiştir (Tablo 3).

2015-16 üretim sezonunda Aydanhanım (8.4 cm), Novosadski565 (8.4 cm) ve Tarm-92 (8.1 cm) çeşitlerinin başak uzunlukları en yüksek bulunmuş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. 2016-17 yetiştirme sezonunda en yüksek başak uzunluğu 9.4 cm ile Aydanhanım çeşidinde belirlenirken, bunu sırasıyla Novosadski565 (9.1cm), Scarpia (8.7 cm) ve Tarm-92 (8.4 cm) çeşitleri izlemiştir. En düşük başak uzunluğu ise Kırıl-97 (6.1 cm) çeşidinde belirlenmiştir. Bitkide başak uzunluğu ortalamaları incelendiğinde; bitki boyunda olduğu gibi 2016-17 sezonu ortalamaları 2015-16 sezonu ortalamalarından yüksek bulunmuştur.

Çeşitlerin başakta tane sayılarına ait ortalamalar incelendiğinde; her iki yetiştirme sezonunda da Tarm-92, Aydanhanım ve Novosadski565 çeşitlerinde en düşük değerler belirlenmiş ve aynı istatistiki grupta yer almışlardır. Bu üç çeşit 2 sıralı arpa olduğundan başakta tane sayıları 30.4 ile 22.1 başak/adet arasında değişmiştir. En yüksek başakta tane sayısı 2015-16 ve 2016-17 sezonlarında da Kırıl-97 çeşidinde ölçülmüştür. Denemenin ilk yılında 2 sıralı arpa çeşitleri içinden en yüksek bin tane ağırlığı 49.6 g ile Aydanhanım çeşidinden elde edilirken, 6 sıralı arpa çeşitleri arasında en yüksek bin tane ağırlığı ortalaması 38.5 g ile Scarpia çeşidinde belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında en yüksek bin tane ağırlığı ortalamaları 63.3 g ile Kırıl-97 çeşidinde belirlenmiştir. 6 sıralı arpa çeşitleri arasında Scarpia çeşidi 54.8 g ile en yüksek bin tane ağırlığına sahip çeşit olurken, Scarpia çeşidini 47.0 g ile Cervoise çeşidi izlemiştir. Bin tane ağırlığı, birim alan tane verime

doğrudan etkisi olan önemli bir özelliktir. Scarpia çeşidi 6 sıra arpa çeşidi olmasına rağmen 2 sıralı arpa çeşitlerine yakın bin tane ağırlığı değerlerine ulaşmıştır. Bin tane ağırlığı ile birlikte başakta tane sayısının da yüksek olması birim alan tane veriminin de yüksek olması ile sonuçlanmıştır. Bin tane ağırlıkları bakımından 2015-16 sezonunda elde edilen ortalamalar 2016-17 sezonunda elde edilen ortalamalardan düşük bulunmuştur.

Hektolitre ağırlığı bakımından her iki üretim sezonunda da en yüksek değerler Tarm-92 çeşidinde belirlenirken, en düşük değerler Kırıl-97 çeşidinde belirlenmiştir. Hektolitre ağırlığı ortalamaları 2015-16 sezonunda 71.2-5.,7 kg arasında, 2016-17 sezonunda 70.2-59.8 kg arasında değişmiştir.

Tablo 3. Arpa çeşitlerinin tarımsal özelliklerine ait ortalamalar

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)		Başak Uzunluğu (cm)		Başakta Tane Sayısı (adet/başak)	
	2015-16	2016-17	2015-16	2016-17	2015-16	2016-17
Ramata	62.2 ^b	72.9 ^d	6.9 ^b	7.9 ^d	51.2 ^c	57.3 ^b
Kırıl-97	53.2 ^c	61.9 ^e	5.8 ^c	6.1 ^f	83.0 ^a	66.3 ^a
Cervoise	53.9 ^c	65.1 ^e	6.8 ^b	7.3 ^e	59.9 ^b	55.5 ^b
Tarm-92	75.9 ^a	86.3 ^b	8.1 ^a	8.4 ^c	24.4 ^d	22.1 ^c
Aydanhanım	78.6 ^a	102.5 ^a	8.4 ^a	9.4 ^a	30.4 ^d	27.2 ^c
Novo,565	51.2 ^c	67.0 ^e	8.4 ^a	9.1 ^{ab}	24.9 ^d	24.0 ^c
Scarpia	57.3 ^{bc}	79.7 ^c	7.1 ^b	8.7 ^{bc}	51.6 ^c	59.5 ^b
Yıl Ort,	61.8 ^B	76.5 ^A	7.4 ^B	8.1 ^A	46.5	44.6
Kareler Ort,	374.03	615.38	2.85	3.81	1387.03	1102.72
F Değeri	28.88 ^{**}	59.86 ^{**}	13.34 ^{**}	51.84 ^{**}	68.19 ^{**}	130.48 ^{**}
Lsd	6.41	5.70	0.82	0.48	8.02	5.17
Cv %	5.84	4.19	6.28	3.34	9.7	6.52
Çeşitler	Bin Tane Ağırlığı (g)		Hektolitre Ağırlığı (kg)		Tane Verimi (kg da ⁻¹)	
	2015-16	2016-17	2015-16	2016-17	2015-16	2016-17
Ramata	36.5 ^d	49.9 ^d	62.6 ^f	68.1 ^b	288 ^b	286 ^c
Kırıl-97	29.2 ^e	40.3 ^e	57.7 ^e	59.8 ^c	278 ^{bc}	185 ^d
Cervoise	38.3 ^c	47.0 ^d	67.5 ^c	68.7 ^{ab}	292 ^b	408 ^b
Tarm-92	47.5 ^b	63.3 ^a	71.2 ^a	70.2 ^a	424 ^a	388 ^b
Aydanhanım	49.6 ^a	59.0 ^b	70.0 ^b	68.0 ^b	321 ^b	389 ^b
Novo,565	46.9 ^b	55.3 ^c	66.7 ^d	67.5 ^b	211 ^c	370 ^b
Scarpia	38.5 ^c	54.8 ^c	63.5 ^e	66.8 ^b	317 ^b	527 ^a
Yıl Ort,	40.9 ^B	52.8 ^A	65.6	68.1	304.4 ^B	364.7 ^A
Kareler Ort,	161.52	179.43	65.77	34.13	12257.43	33894.43
F Değeri	371.12 ^{**}	67.77 ^{**}	541.72 ^{**}	28.75 ^{**}	8.63 ^{**}	44.01 ^{**}
Lsd	1.17	2.89	0.62	1.94	67.05	49.37
Cv %	1.61	3.08	0.53	1.63	12.38	7.61

*: Üst simge olan harfler %5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir

Çeşitlerin tane verimleri ortalamaları 2015-16 üretim sezonunda 304.4 kg da⁻¹, 2016-17 üretim sezonunda ise 364.7 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. 2015-16 üretim sezonunda en yüksek tane verimi 424 kg da⁻¹ ile Tarm-92 çeşidinde, en düşük ise 211 kg da⁻¹ ile Novosadski565 çeşidinde belirlenmiştir. 2016-17 üretim sezonunda en yüksek tane verimi ise 527 kg da⁻¹ ile Scarpia çeşidinde, en düşük tane verimi ise 185 kg da⁻¹ ile Kırıl-97 çeşidinde belirlenmiştir.

Kuru tarım koşullarında sıcaklık, yağış miktarı [9, 10] ve yağışın dağılımı [11] verimi etkileyen önemli iklim faktörleridir. Özellikle serin iklim tahıllarının hızlı

gelişim dönemi olan Mart-Haziran ayları arası iklim değerleri, diğer dönemlere göre daha belirleyici olmaktadır [12, 13, 14, 15]. Denemenin ilk yılında sıcaklık verileri ikinci yıla ve uzun yıl ortalamalarına göre belirgin şekilde yüksek gerçekleşmiştir. Toplam yağış miktarları her iki yılda da uzun yıl ortalamalarına göre yaklaşık %13 daha düşük kalmıştır. Ancak denemenin ikinci yılı Nisan ayı yağışı bir önceki yıla ve uzun yıl ortalamalarına göre yaklaşık 3 kat fazla olmuştur. Bu durum, başakta tane sayısı hariç, incelenen tüm özellik değerlerinin ikinci yıl yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Bitki boyu [16, 17], başak uzunluğu [18], başakta tane sayısı [19], bin tane ağırlığı [19, 20] ve hektolitre ağırlıkları [21] gibi verim özellikleri çeşitlerin genetik yapılarına bağlı olmakla birlikte genetik özelliklerinin çevreyle interaksiyonları [15, 22, 23, 24, 25] verimi belirlemektedir. Bu çalışma sonucuna paralel olarak bazı çalışmalarda da hektolitre ağırlığının çevresel faktörlerden etkilenmediği [15] belirtilmiştir. Bitki boyu verimi etkileyen unsurlardan biri [26] olmakla birlikte, başaklanmadan sonra görülen yüksek yağış ve sulamalar saplar yeteri kadar güçlü değilse yatmalara neden olmaktadır [27]. Bu durum verimi ve hasadı olumsuz yönde etkilemektedir.

4. SONUÇ

Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde 2 sıralı arpa çeşitlerinin verim ortalamaları (350 kg da^{-1}), 6 sıralı çeşitlere (323 kg da^{-1}) göre daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler bazında ise 6 sıralı Scarpia çeşidi (422 kg da^{-1}) ile 2 sıralı Tarm-92 çeşidi (406 kg da^{-1}) öne çıkmıştır. Arpada önemli ıslah kriterlerinden biri bitki boyudur. Son yıllarda hayvancılıkta kaba yem açığı büyük bir sorundur. Kısa boylu çeşitler yerine bitki boyu 70-100 cm olan çeşitler ıslahta tercih edilmektedir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde; verim yönünden de üçüncü sırada yer alan Aydanhanım çeşidi (355 kg da^{-1}) güçlü bir rakip olarak görülmektedir. Her iki yılda da en yüksek başakta tane sayısına sahip Kırıl-97 çeşidi iklim yönünden daha uygun ve zengin besin içerikli topraklarda rekabette öne çıkması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Zohary D, Hopf M. Domestication of plants in the Old World, The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, Clarendon Press, Oxford, England; 1993.
- [2] Badr A, Rabey HE, Effgen S, Ibrahim HH, Pozzi C, Rohde W, Salamini F. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*), Molecular biology and evolution. 2000;17(4):499-510.
- [3] Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> Erişim tarihi: 23.04.2020.
- [4] Yüksel S, İkincikarakaya SÜ, Sönmez AC, Belen S, Yıldırım Y. Eskişehir Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa Hat ve Çeşitlerinin Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Bir Araştırma. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi. 2017;20:252-257.
- [5] Sirat A, Sezer İ. Bafra Ovası Koşullarına Uygun Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 2009; 24(3):167-173.
- [6] Ganusheva N, Dimova D, Lozanov I. Correlation and path analysis correlation quantitative characters in barley. Scientific works of Jubilee Scientific Session. 1990;65:58-63.
- [7] Bilgin O, Korkut KZ. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının tane verimi ve bazı fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 2005;2(1):58-65.
- [8] Sarı N, İmamoğlu A. Menemen Ekolojik Koşullarına Uygun İleri Arpa Hat ve Çeşitlerinin Belirlenmesi. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. 2009;19 (1):22-31.
- [9] Tiryakioğlu M, Demirtaş B, Tutar H. Türkiye'deki buğday veriminin karşılaştırılması: Hatay ve Şanlıurfa illeri örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 2017;12(1): 56-67.
- [10] Hay R, Porter J. The physiology of crop yield. 2nd ed, Blackwell Publishing, Oxford, UK, ISBN: 978-1-405-10859-1.2006.
- [11] Nielsen DC, Halvorson AD. Nitrogen fertility influence on water stress and yield of winter wheat. Agronomy Journal. 1991;83(6):1065-1070.
- [12] Zhang H, Oweis T. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management. 1999;38(3):195-211.
- [13] French RJ, Schultz JE. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment, I, The relation between yield, water use and climate. Australian Journal of Agricultural Research. 1984;35(6):743-764.
- [14] Soylu S, Sade B. İklim Değişikliğinin Tarımsal Ürünler Etkisi Üzerine Bir Araştırma Projesi, Mevka TR51-12-TD-01 nolu Proje Sonuç Raporu, Konya, 2012. Available from: <http://www.konyadayatirim.gov.tr> [Erişim tarihi: 08.06.2017].
- [15] Karahan T, Sabancı C. Güneydoğu Anadolu ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Derim. 2010;27(1):1-11.
- [16] Geçit HH, Adak MS. Osman Tosun Gen Bankasındaki 1-96 sıra numaralı arpa materyalinde bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerin belirlenmesi. Ank. Üniv. Ziraat Fak. 1988;39:1-2.
- [17] Çölkesen M, Öktem A, Engin A, Öktem AG, Demirağ V, Yürürdurmaz C, Çokkızgın A. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Kahramanmaraş ve Şanlıurfa koşullarında tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. 19 Mayıs Üniv. Ziraat Fak, Tarla Bitkileri Bilim Derneği, Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997, Samsun,
- [18] Turgut İ, Konak C, Yılmaz R, Arabacı O. Büyük Menderes koşullarına uyumlu ve yüksek verimli arpa çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. Türkiye II, Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997 Samsun, 1997. P.80-83.
- [19] Kaydan D, Yağmur M. Van ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L, conv, distichon) verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 2007;13(3):269-278.
- [20] Kandemir N. Tokat-Kazova şartlarına uygun maltlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2004;21(2):94-100.
- [21] Akman Z, Kara B. Isparta yöresinde yetiştirilen Arpa köy çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin

- belirlenmesi. Akdeniz Üni. Ziraat Fakültesi Dergisi. 2007;20(2):163-169.
- [22] Whitman CE, Hatfield JL, Reginato RJ. Effect of slope position on the microclimate, growth, and yield of barley 1. *Agronomy Journal*. 1985;77(5):663-669.
- [23] Akkaya A, Akten Ş. Erzurum yöresinde yetiştirilebilecek yazlık arpa çeşitlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Der.* 1990;17:1-4.
- [24] Sirat A, Sezer İ. Determination of genotype by environment interactions and stabilities of some barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2011;26(3):221-230.
- [25] İmamoğlu A, Yılmaz N. Bursa ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2012;22(2):13-36.
- [26] Kılınç M, Kırtok Y, Yağbasanlar T. Çukurova koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi üzerinde araştırmalar. 2. Arpa-Malt Semineri, 25-27 Mayıs 1992, Konya, 1992. p. 205-218.
- [27] Nasr HG, Shands HL, Forsberg RA. Variation in kernel plumpness, lodging and other characteristics in sixrowed barley crosses. *Crop Sci*. 1972;12:159-162.



Bingöl Şartlarında Bazı İtalyan Çimi (*Lolium Multiflorum* Lam.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi

Vural LALE¹, Kağan KÖKTEN^{2*}

¹Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, 12000 Bingöl, Türkiye

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye

Vural LALE ORCID: 0000-0003-0119-0910

Kağan KÖKTEN ORCID: 0000-0001-5403-5629

*Sorumlu Yazar: kkokten@bingol.edu.tr

(Alınış: 02.07.2020, Kabul: 12.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Lolium multiflorum, İtalyan çimi, ADF, NDF, Ham protein, Ot verimi.

Öz: Bu araştırma, Bingöl ekolojik koşullarında yetiştirilecek İtalyan çimi çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla 2018 yılı yetiştirme sezonunda kurulmuştur. Araştırmada, 6 adet İtalyan çimi çeşidi (Devis, Baqueano, Caramba, Vallivert, Trinova, Vespolini) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada; yeşil ot, kuru ot, ham protein verimleri, ham protein oranı, Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) oranı, nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) oranı, sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı, kuru madde tüketimi (KMT) oranı, nispi yem değeri (NYD)'ne ait veriler ele alınmıştır. Çalışma sonucunda; yeşil ot verimi 3377,33-4457,67 kg/da, kuru ot verimi 808,13-1051,83 kg/da, ham protein oranı %17,58-21,13, ham protein verimi 154,00-179,57 kg/da, ADF oranı %38,33-40,67, NDF oranı %55,00-63,37, SKM oranı %57,22-%59,04, KMT oranı %1,893-2,183 ve NYD 86,44-99,55 arasında değişmiştir. Araştırmada, incelenen ADF ve SKM oranları dışındaki tüm özellikler bakımından çeşitler arasında farklılıklar belirlenmiştir. En fazla yeşil ot verimi Trinova çeşidinde, en fazla kuru ot verimi, KMT oranı ve NYD Vallivert çeşidinde, en fazla ham protein oranı Vespolini çeşidinde, en az NDF oranı Vallivert çeşidinde, en fazla ham protein verimi ve SKM oranı Baqueano çeşidinde, en az ADF oranı Baqueano çeşidinde tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde; Bingöl ekolojik koşulları için yeşil ot ve ham protein verimleri bakımından Baqueano çeşidinin, NDF, KMT oranları ve NYD bakımından ise Vallivert çeşidinin ekilmesi önerilmektedir.

Determination of Herbage Yield and Quality of some Italian Ryegrass (*Lolium Multiflorum* Lam.) Varieties in Bingol Conditions

Keywords

Lolium multiflorum, Italian ryegrass, ADF, NDF, Crude protein, Herbage yield.

Abstract: This research was carried out in 2018 growing season in order to determine yield and quality characteristics of Italian grass varieties to be grown in Bingöl ecological conditions. In this research, 6 Italian grass varieties (Devis, Baqueano, Caramba, Vallivert, Trinova, Vespolini) were used as plant material. This research was established in randomized block design with three replications. In the study; green herbage yield, dry herbage yield, crude protein ratio, crude protein yield, acid detergent fiber (ADF) ratio, nötr detergent fiber (NDF) ratio, digestible dry matter (DDM) ratio, dry matter intake (DMI) ratio and relative feed value (RFV) were obtained. As a result of the research; green herbage yield 3377.33-4457.67, kg/da, dry herbage yield 808.13-1051.83 kg/da, crude protein ratio 17.58-21.13%, crude protein yield 154.00-179.57 kg/da, ADF ratio 38.33-40.67%, NDF ratio 55.00-63.37%, DDM ratio 57.22-59.04%, DMI ratio 1.893-2.183% and RFV ranged from 86.44-99.55. In this study, differences were determined between the varieties in terms of all the features except the ADF and DDM ratios examined. Highest green herbage yield in Trinova variety; highest dry herbage yield, DMI ratio and RFV in Vallivert variety; highest crude protein ratio in Vespolini variety, lowest NDF ratio in Vallivert variety, highest crude protein yield and DDM ratio and lowest ADF rate was obtained in Baqueano variety. According to these results; it is recommended to plant Baqueano variety in terms of green herbage and crude protein yields, and Vallivert variety in terms of NDF, DMI ratios with RFV for Bingöl ecological conditions.

1. GİRİŞ

İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) Poales takımının Poaceae familyasına ait *Lolium* cinsi taksonomisine sahip bitki, tarla özellikleri yönünden çabuk gelişmesi, bolca yeşil ot üretilmesi ve sulanan arazilerde gübrelemeye pozitif eldeler vermesi ve çok yıllık olmaması sebebiyle ekim nöbetine girerek üretimi hızla artacak bir yem bitkisidir. İngiltere’de İtalyan çimi, süt ineklerinin beslenmesi ve silaj yemi yapmak amacıyla üretilmekte, ayrıca bitkiler çok fazla kök gelişimi oluşturduğu için toprağın organik maddesini arttırmak amacıyla uygun olmayan arazilerin ıslah edilmesi için yetiştirilmektedir [1]. İtalyan çimi dünyanın birçok ülkesinde yem bitkisi olarak kullanılmaktadır. Silaj yapmak ve kuru ot üretmek amacıyla yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir. Pek çok üretici İtalyan çimini hayvanlarını otlatmak amacıyla suni mera tesisinde kullanmaktadırlar. Bitki, yüksek protein ve enerji değerine sahiptir. Bitki içeriğinde bulunan şeker ve kolay sindirilebilirlik özelliği nedeniyle hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Yaprakları koyu yeşil ve parlaktır. Sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında oldukça iyi bir büyüme gösterir ve bitkinin yaprakları oldukça geniştir. Kar yağın bölgelerde gelişmesini sonbahar ve ilkbahar aylarında yapar, kış aylarında ise uyku durumuna girer [2]. İtalyan çimi çiçeklenme periyodu başlangıcında hasat edildiğinde çabuk kurutulabilir ve hayvanlar tarafından severek yenen kaliteli kuru ot ürünü sağlar. Yağış koşulları nedeniyle biçiminin geciktirilmesi, hasat edilen ürünün silaj olarak hayvanlara yedirilmesinde yarar bulunmaktadır. Bitki her ne kadar ince saplı ve kolay kabalaşmayan bir yapıya sahip olsa da çiçeklenmeden sonraki biçimlerde elde edilen kuru otun sindirilebilirliği düşmektedir. Normal şartlarda, bir biçimle dekardan 1500-2500 kg yeşil ot ve 500-800 kg da⁻¹ arasında farklılık gösteren kuru ot verimi almak mümkündür. Sulu koşullarda veya ilkbahar yağmurlarının bitki ihtiyacını karşıladığı bölgelerde, 2-3 defa hasat yaparak 4-6 ton da⁻¹ yeşil ot, 750-1500 kg da⁻¹ kuru ot ürün sağlanabilmektedir [3].

Üretimi yapılan bitkilerin; kullanılan çeşitler, rakım, toprak istekleri, iklim, ekim zamanı, ekim sıklığı, sulama, biçim dönemi, adaptasyon vb. faktörlerin bilinçsiz kullanılmasından ötürü adaptasyon ve kalitede ciddi sorunlar oluşmaktadır. Bu özellikler arasında bulunan adaptasyon yetenekleri, İtalyan çimi yetiştiriciliği üzerine etkilidir. Uygun çeşit veya çeşitlerin saptanması verim ve kalitede oluşacak kayıpları en az düzeye indirecektir. Avrupa kıtasının güney kısımlarından dünyaya yayılan İtalyan çimi, çim cinsi içerisinde, kültürel üretimi yapılan bir vejetasyon dönemi içerisinde yaşamını sürdüren bir bitki türüdür. Ülkemizde son dönemde bu bitki türünün üretilmesi, yem bitkilerinin üretimini artırmak amacıyla devlet tarafından sağlanan tarımsal teşviklerle birlikte üreticilerin yeni gözdesi olmaya başlamıştır [4].

Bu çalışmanın amacı; Bingöl şartlarında bazı İtalyan çimi (Devis, Baqueano, Caramba, Vallivert, Trinova, Vespolini) çeşitlerinin ot verimi ve kalitesinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2018 yılı Nisan ayının ilk yarısında Bingöl Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Alanı’nda yapılmıştır. Bingöl iline ait iklim verileri incelendiğinde, 1975-2015 yılları arasında aylık ortalama sıcaklığının 19,7 °C, toplam yağış miktarının 232,4 mm ve ortalama nispi nem değerinin ise %45,6 olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın takip edildiği 2018 yılı üretim periyodunun 1975-2015 yılları ortalamasından daha sıcak (21,6 °C), daha fazla yağışlı (269,7 mm) ve nispi nem değerinin de daha düşük (%44,2) olduğu anlaşılmaktadır. Denemenin yapıldığı ekim alanının farklı yerlerinden 0-30 cm derinliğinden alınan toprak numuneleri karıştırılarak temsili toprak örneği elde edilmiştir. Elde edilen toprak örneğinin kimyasal analizi Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonucuna göre; araştırma alanına ait toprak yapısının (ideal toprak sınıfı) tınlı olduğu saptanmıştır. Knowels ve Watkin [5] tarafından belirtilen değerler dikkate alınarak toprak analiz verileri incelendiğinde; çalışma alanının pH’sı hafif asidik (6,57), tuzsuz (%0,0315), organik madde oranı orta (%1,905), kireç oranının düşük (%0,36), fosfor (7,9 kg da⁻¹) ve potasyum (24,51 kg da⁻¹) açısından yetersiz olduğu görülmektedir.

Çalışmada materyal olarak, Baqueano, Caramba, Devis, Vespolini, Vallivert ve Trinova isimli İtalyan çimi çeşitleri kullanılmıştır. Deneme alanının toprak hazırlığı, 2018 yılı ilkbaharında pulluk ile derin sürüm yapıldıktan sonra kazayağı ve tapan çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Deneme üç tekerrürlü olarak, tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Parsel alanı 5 m uzunluk ve 6 sıra olacak şekilde yapılmıştır. Ekim işlemi 20 cm sıra aralığında ve dekara 3 kg tohumluk kullanılarak yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü toprağa ekim ile beraber dekara 4 kg azot, 10 kg fosfor (P₂O₅) olacak biçimde DAP gübresi verilmiştir. Bitkilerin sapa kalkma aşamasında 4 kg azot takviyesi yapılarak toplam verilen azot miktarı 8 kg da⁻¹’a tamamlanmıştır. Bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlerde sulama yapılmıştır.

Denemede ekimi yapılan her parselden dışta kalan birer sıra çıkarıldıktan sonra geriye kalan ortadaki dört sıradan biçilen yeşil aksamın ağırlıkları alınmış ve elde edilen ağırlıklar dekar hesabına dönüştürülmüştür. Her parselden alınan 500 g bitki numunesi, 70 °C’de 48 saat kurumaya bırakıldıktan sonra tartılarak kuru madde oranı tespit edilmiştir. Daha sonra kuru madde oranları ile yeşil ot verimi birbiri ile çarpılıp kuru ot verimi belirlenmiştir. İtalyan çiminin azot (N) içeriği Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen azot oranı 6,25 ile çarpılarak ham protein oranı elde edilmiştir [6]. Ham protein verimi, kuru ot verimi ile ham protein oranının çarpılması ile elde edilmiştir. NDF ve ADF oranı [7] ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology Corp. Fairport, NY, USA) cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen ADF oranı ile sindirilebilir kuru madde (SKM = 88,9 - (0,779 x %ADF)) miktarları, NDF oranı ile kuru madde tüketimi (KMT = 120 / (%NDF)), SKM ve KMT değerleri ile de nispi yem değeri (NYD = SKM x KMT) / 1,29) hesaplanmıştır [8].

Denemeden saptanan veriler JMP istatistik paket programı yardımıyla LSD testi yapılarak farklılıklar ve benzerlikler karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Yeşil Ot, Kuru Ot ve Ham Protein Verimleri (kg da⁻¹) ile Ham Protein Oranı (%)

Tablo 1. İtalyan çimi çeşitlerinde saptanan yeşil ot, kuru ot ve ham protein verimi ile ham protein oranlarına ait ortalama değerler

Çeşitler	Yeşil Ot Verimi (kg da ⁻¹)	Kuru Ot Verimi (kg da ⁻¹)	Ham Protein Oranı (%)	Ham Protein Verimi (kg da ⁻¹)
Devis	3701,05 C**	1044,20 A**	16,73 C**	174,77 A*
Baqueano	4417,83 A	939,97 B	19,10 B	179,57 A
Caramba	4172,50 AB	1031,93 A	16,87 C	174,17 AB
Vallivert	3377,33 D	1051,83 A	14,63 D	154,00 C
Trinova	4457,67 A	929,43 B	17,00 C	157,80 BC
Vespolini	4043,00 B	808,13 C	21,13 A	170,70 ABC
Ortalama	4028,31	967,58	17,58	168,50

(**) İstatistiksel olarak %1 (P≤0,01)'de; (*) İstatistiksel olarak %5 (P≤0,05)'de önemlidir.

Tablo 1 incelendiğinde, en yüksek yeşil ot verimi 4457,67 kg da⁻¹ ile Trinova çeşidinden saptanırken, bunu istatistiki olarak aynı grupta bulunan Baqueano (4417,83 kg da⁻¹) ile Caramba (4172,50 kg da⁻¹) çeşitleri takip etmiştir. En düşük yeşil ot verimi ise 3377,33 kg/da ile Vallivert çeşidinde saptanmıştır. İtalyan çimi çeşitlerinin yeşil ot verimi ortalama değeri 4028,31 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Ülkemizin birçok bölgesinde İtalyan çimi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve yeşil ot ile ilgili farklı değerler elde edilmiştir. İtalyan çimi yeşil ot verimine ait elde ettiğimiz değerler, Özdemir ve ark. [9]'nın 6997,3 ve 6645,5 kg da⁻¹ olarak ve Göktepe [10]'nin 5193 kg da⁻¹ olarak elde ettikleri verilerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bazı araştırmacıların [11-15] yapmış oldukları çalışmalardan 2305-4179 kg da⁻¹ arasında elde ettikleri değerlerden ve Özdemir [16]'in 2071,0 kg da⁻¹ olarak elde ettiği değerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1'e baktığımızda; en yüksek kuru ot verimi 1051,83 kg/da ile Vallivert çeşidinden elde edilirken, bunu istatistiki olarak aynı grupta bulunan Devis (1044,20 kg da⁻¹) ve Caramba (1031,93 kg da⁻¹) çeşitleri izlemiştir. En düşük kuru ot verimi ise 808,13 kg da⁻¹ ile Vespolini çeşidinden elde edilmiştir. Farklı İtalyan çimi çeşitlerinin kuru ot verimi ortalama değeri 967,58 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. İtalyan çimi kuru ot verimlerine ait daha önceki çalışmalarda; Alison ve ark. [17] 571 kg da⁻¹ ile 416 kg da⁻¹ arasında, West ve ark. [18] 691 kg da⁻¹ olarak elde ettiklerini bildirmektedirler. Elde ettiğimiz değerler diğer çalışmalardan elde edilen değerlerden daha yüksek tespit edilmiştir.

Tabloya baktığımızda; en yüksek ham protein oranı %21,13 ile Vespolini çeşidinden elde edilirken, en düşük ham protein oranı ise %14,63 ile Vallivert çeşidinden elde edilmiştir. İtalyan çimlerinin ortalama ham protein oranları %17,58 olarak tespit edilmiştir. İtalyan çimi ham protein oranına ait elde ettiğimiz değerler, Özdemir

İtalyan çimi çeşitlerine ait yeşil ot ve kuru ot verimleri ile ham protein oranı arasındaki farkın %1 düzeyinde, ham protein veriminin ise %5 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

ve ark. [9] %13,20, Türk ve ark. [19] %7,13, Kavut ve Geren [15] %11,40, Özdemir [16] %12,65, Peker [13] %12,33, Kara [20] %14,96, Çolak [12] %11,17, Çetin [21] %12,9, Şimşek [22] %11,58 olarak elde ettikleri değerlerden daha yüksek tespit edilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde; en yüksek ham protein verimi 179,57 kg da⁻¹ ile Baqueano çeşidinden elde edilirken, bunu istatistiki olarak aynı grupta bulunan Devis (174,77 kg da⁻¹) ve Caramba (174,17 kg da⁻¹) çeşitleri izlemiştir. En düşük ham protein verimi ise 154,00 kg da⁻¹ ile Vallivert çeşidinde elde edilmiştir. İtalyan çimi çeşitlerinin ham protein verim ortalama değeri 168,50 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bursa'da tek yıllık çimin farklı varyeteleri ile yapılan bir denemede, ham protein veriminin 128,7 kg da⁻¹ olarak elde edildiği belirtilmiştir [23]. Elde ettiğimiz değerler diğer araştırmacıların elde ettiği değerlerden daha yüksek bulunmuştur. İtalyan çimi ham protein verimine ait elde ettiğimiz değerler, Özdemir ve ark. [9] 55,43 kg da⁻¹, Türk ve ark. [19] 37,6 kg da⁻¹, Kavut ve Geren [15] 48 kg da⁻¹, Özdemir [16] 49,30 kg da⁻¹, Kara [20] 67,70 kg da⁻¹, Çolak [12] 36,12 kg da⁻¹, Şimşek [22] 23,70 kg da⁻¹ olarak elde ettiği değerlerden yüksek (168,50 kg da⁻¹) tespit edilmiştir.

Çalışmadan elde ettiğimiz veriler ile diğer araştırmacıların elde ettiği veriler arasındaki değişimlerin nedeni, kullanılan çeşitlerin birbirinden farklı olması, ekim alanlarının toprak ve iklim faktörlerinin birbirinden farklı olmasından ileri gelmektedir.

3.2. ADF, NDF, SKM ve KMT Oranları (%) ile NYD

İtalyan çimi çeşitlerine ait NDF ve KMT oranları ile NYD arasındaki farkın %1 düzeyinde, önemli olduğu, ADF ve SKM oranlarının ise istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. İtalyan çimi çeşitlerinin ADF, NDF, SKM ve KMT oranları ile NYD ile ilgili ortalama değerler

Çeşitler	ADF Oranı (%)	NDF Oranı (%)	SKM Oranı (%)	KMT Oranı (%)	NYD
Devis	40,23	57,63 C**	57,54	2,083 B**	92,92 B**
Baqueano	38,33	58,90 BC	59,04	2,037 BC	93,24 B
Caramba	40,67	60,77 B	57,22	1,977 CD	87,59 CD
Vallivert	38,57	55,00 D	58,86	2,183 A	99,55 A
Trinova	39,23	60,27 B	58,34	1,990 C	90,06 C
Vespolini	38,53	63,37 A	58,88	1,893 D	86,44 D
Ortalama	39,26	59,32	58,32	2,027	91,63

**) İstatistiksel olarak %1 (P<0,01)'de önemlidir.

Tablo 2 incelendiğinde, İtalyan çimi çeşitlerine ait ADF oranı %38,33-40,67 arasında değişim göstermiştir. Farklı İtalyan çimi çeşitlerinin ADF oranı ortalamaları %39,26 olarak tespit edilmiştir. İtalyan çiminden elde ettiğimiz ADF oranları, Özdemir ve ark. [9] %34,18, Kavut ve Geren [15] %34,88, Özdemir [16] %34,16, Türk ve ark. [19] %33,30, Kara [20] %31,72, Çolak [12] %31,63, Çetin [21] %34,9 olarak elde ettiği değerlerinden yüksek, Şimşek [22]'in %39,66 olarak elde ettiği değerden ise düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 2'ye baktığımızda; en yüksek NDF oranı %63,37 ile Vespolini çeşidinden elde edilmiştir. En düşük NDF oranı ise %55,00 ile Vallivert çeşidinde saptanmıştır. Farklı İtalyan çimi çeşitlerinin NDF oranı ortalama değerleri %59,32 olarak tespit edilmiştir. İtalyan çiminden elde ettiğimiz NDF değerleri, Özdemir ve ark. [9] %48,30, Kavut ve Geren [15] %48,08, Özdemir [16] %48,10, Kara [20] %49,54, Çolak [12] %56,01, Türk ve ark. [19] %57,30, Çetin [21]'in %56,5 olarak elde ettikleri değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Şimşek [22]'in %59,67 olarak elde ettiği değerden ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde; İtalyan çimi çeşitlerinin SKM oranı %57,22-59,04 arasında değişim göstermiştir. Farklı İtalyan çimi çeşitlerinin SKM oranı ortalama değerleri %58,32 olarak tespit edilmiştir. İtalyan çiminden elde ettiğimiz SKM oranları, Kara [20]'nın %64,18, Çetin [21]'in %61,6 olarak elde ettiği değerlerden düşük (%58,32) elde edilmiştir. Farklı İtalyan çimi çeşitlerine ait en yüksek KMT oranı %2,183 ile Vallivert çeşidinde elde edilmiştir. En düşük KMT oranı ise %1,893 ile Vespolini çeşidinde saptanmıştır. İtalyan çimi çeşitlerinin KMT oranı ortalama değeri %2,027 olarak tespit edilmiştir. Tablo 2'ye baktığımızda; en yüksek NYD 99,55 ile Vallivert çeşidinden elde edilmiştir. En düşük NYD 86,44 ile Vespolini çeşidinde saptanmıştır. Farklı İtalyan çimi çeşitlerinin NYD verimi ortalama değeri 91,63 olarak tespit edilmiştir. İtalyan çiminden elde ettiğimiz NYD, Kara [20] 120,98, Çolak [12]'in 106,7 olarak elde ettiği değerlerden düşük (91,63) elde edilmiştir.

4. SONUÇ

Ülkemizde kaba yem kaynaklarının verim ve kalite açısından yeterli düzeyde olmadığı, dolayısı ile diğer kaynakların yanında yem bitkilerinin tarla tarımı içerisindeki miktarının artırılması gerektiği öngörülmektedir. Ayrıca tarla tarımı içerisinde tarımı

yapılan yem bitkilerinin bölgelere ve mikro iklim alanlarına uyumlu ve yüksek verim potansiyeline sahip çeşitlerin yetiştirilmesi gerekmektedir. Bingöl ekolojik koşullarında yapılan çalışmada; en yüksek yeşil ot verimi bakımından Trinova, Baqueano ve Caramba çeşitlerinin, ham protein verimleri bakımından Baqueano, Devis ve Caramba çeşitlerinin, en yüksek kuru ot verimi bakımından Vallivert, Devis ve Caramba çeşitlerinin, en düşük NDF bakımından Vespolini çeşidi ve kuru madde tüketimi oranı ve nispi yem değeri bakımından ise Vallivert çeşidinin ön plana çıktığı belirlenmiştir. Ancak bu çalışmanın daha uzun süre denemesi gerektiği önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Elçi Ş (2005) Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, ISBN 975-407-189-6 Mart Matbaası- İstanbul s. 6-227
- [2] Anonim (2018) <http://www.turunoglutohum.com> (erişim 20.02.2018)
- [3] Avcıoğlu R, Açıkgöz E, Soya H, Tan A (2009) Yem Bitkileri Üretimi. (internet erişim): [http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/18de4d2ec21cfcb_ek.pdf?tipi=14&sube=\[Ulaşım:25/12/](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/18de4d2ec21cfcb_ek.pdf?tipi=14&sube=[Ulaşım:25/12/)
- [4] Baytekin H, Kızılsimşek M, Demiroğlu G (2009) Çim ve Ayrık Türleri Editör: R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ. Yem Bitkileri Genel Bölüm Cilt III. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, s. 561-572
- [5] Knowels F and Watkin J E (1967). A practical Course in Agricultural Chemistry. Mc Millian Co. Ltd. New York, s. 37
- [6] AOAC. Official Method of Analysis. 15th. edn. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC. USA. 1990
- [7] Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 1991;74(10):3583-3597
- [8] Morrison JA. Hay and Pasture Management, Chapter 8.Extension Educator, Crop Systems Rockford Extension Center. 2003
- [9] Özdemir S, Budaklı Çarpıcı E, Aşık BB (2019) Farklı Azot Dozlarının İtalyan Çiminin (*Lolium multiflorum westerwoldicum* Caramba) Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri, KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 22(1):131-137
- [10] Göktepe AE (2015) Ruminantlar için karamba (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) bitkisinin nispi yem değerinin ve *in vitro* sindirilebilirliğinin belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık

- Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, s. 28-33
- [11] Kesiktaş M (2010) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Karaman'da farklı ekim zamanları azotlu gübre dozu uygulamalarının İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum* westerwoldicum Caramba) yem verimine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, s. 23-38
- [12] Çolak E (2015) Azotlu gübre dozlarının İtalyan çimi (*Lolium italicum* L.) çeşitlerinin ot verimi, kalitesi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi, Doktora Tezi, Ankara s. 23-53
- [13] Peker C (2013) Ankara koşullarında kırmızı üçgül (*Trifolium incarnatum* L.) ve İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) karışım oranları ve ekim yöntemlerinin kaba yem verimine ve verimle ilgili özelliklere etkisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, s. 51-142
- [14] Çolak E, Sancak C (2016) Azotlu Gübre Dozlarının İtalyan Çimi (*Lolium italicum* L.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Bazı Tarımsal Özelliklerine Etkisi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 25(1): 58-66
- [15] Kavut YT, Geren H (2018) İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) + Tüylü fiğ (*Vicia villosa* L.) karışımlarında farklı hasat zamanları ve karışım oranlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi, Mediterranean Agricultural Sciences 31(3): 283-287
- [16] Özdemir Ö (2017) Farklı azot dozlarının İtalyan çiminin (*Lolium multiflorum* westerwoldicum Caramba) ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, s. 1-35
- [17] Alison MW, Barfield RE, Ashley JL (1989) Ryegrass cultivars for forage production. Herbage Abstracts 1989 Vol. 59 No. 12, p. 523
- [18] West CP, Walker DW, Stoin HR, Bacon RK, Longer DE (1989) Forage yield and quality of small grains in Arkansas, Herbage Abstracts, 59(2): 53
- [19] Türk M, Pak M, Bıçakçı E (2019) Farklı Azotlu Gübre Dozlarının Bazı Tek Yıllık Çim (*Lolium multiflorum* L.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri, Ziraat Fakültesi Dergisi 14(2): 219-225
- [20] Kara E (2016) Aydın koşullarında kışlık ara ürün olarak yetiştirilecek tek yıllık bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Adnan Menderes Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, s. 32-58
- [21] Çetin R (2017) Tokat Kazova şartlarında tek yıllık çimde (*Lolium multiflorum* L.) azotlu gübrelemenin ot verimi ve kalitesine etkilerinin belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, s. 20-49
- [22] Şimşek S (2015) Kırşehir koşullarında farklı Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) karışım oranlarının verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, Kırşehir, s. 2-43
- [23] Başbuğ S (1990) Bursa şartlarında bazı çok yıllık ve tek yıllık buğdaygil yem, bitkilerinin ot verimi ve kalitesi üzerine araştırmalar, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa, s. 24-37



Iğdır ve Yöresinde Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bayram YURT^{1*}, Sema ÇAKIR²

¹ Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Vitalköy Eren Gıda, Kartepe, Kocaeli, Türkiye
 Bayram YURT ORCID No: 0000-0001-5447-1586
 Sema ÇAKIR ORCID No: 0000-0001-7021-2242

*Sorumlu yazar: byurt@bingol.edu.tr

(Alınış: 01.07.2020, Kabul: 16.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
 Iğdır,
 Fizikokimyasal
 özellikler,
 Bal,
 Şeker,
 Hidroksimetilfurfural

Öz: Bal insan beslenmesi açısından önemli bir gıda maddesidir. Bal üretimi bakımından en uygun ülkelerden biri Türkiye'dir. Ülkemiz bal üretiminde Avrupa'da birinci sırada olup, Dünya'da ise Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmada, Iğdır ve yöresinde (Kağızman, Tuzluca, Aralık) üretilen süzme çiçek ballarının bazı fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada 30 adet süzme çiçek balı kullanılmıştır. Analiz edilen süzme çiçek ballarında briks, nem miktarı, asitlik, hidroksimetilfurfural, glukoz ve fruktoz analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda ortalama fizikokimyasal değerler; Briks % 83.30 ± 0.97 , nem miktarı % 15.06 ± 0.75 , asitlik 22.64 ± 4.16 meq/kg, pH 4.33 ± 0.25 , iletkenlik 0.17 ± 0.15 mS/cm, hidroksimetilfurfural 39.85 ± 30.41 mg/kg, fruktoz % 38.62 ± 2.36 , glukoz % 32.46 ± 2.24 , fruktoz / glukoz oranı 1.20 ± 0.10 ve glukoz + früktoz miktarı % 71.09 ± 3.66 şeklinde bulunmuştur. Bu ortalama sonuçlar, Iğdır ve yöresinde üretilen süzme çiçek ballarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2012) kriterlerine genel olarak uygun olduğunu göstermiştir.

Some Physicochemical Properties of Honey Produced in Iğdır and Region

Keywords
 Iğdır,
 Physicochemical
 properties,
 Honey,
 Sugar,
 Hydroxymethylfurfural

Abstract: Honey is important food source for human nutrition.. Turkey is one of most suitable country for honey production. Turkey is second honey producer after China in World and is the first order at the honey production in Europe. In this research, some physicochemical properties of honey produced in Iğdır and region (Kağızman, Tuzluca, Aralık) were investigated. In research thirty strained flower honey were used. Brix, moisture content, acidity, hydroxymethylfurfural glucose and fructose analyzes were performed in filtering flower honey filtration. According to results of physicochemical analysis mean values were found as the following; Brix $83.30 \% \pm 0.97$, moisture content $15.06 \% \pm 0.75$, acidity 22.64 ± 4.16 meq/kg, pH 4.33 ± 0.25 , conductivity 0.17 ± 0.15 mS/cm, hydroxymethylfurfural 39.85 ± 30.41 mg/kg, fructose $38.62 \% \pm 2.36$, glucose $32.46 \% \pm 2.24$, the ratio of fructose / glucose 1.20 ± 0.10 and the amount of glucose + fructose $71.09 \% \pm 3.66$. This average results showed that strained flower honey produced Iğdır and region met for Honey notification criteria of Turkish food codex (2012) in general.

1. GİRİŞ

Bal, insanoğlunun gerek beslenmesi ve gerekse de sağlığı açısından önemli fonksiyonel bir gıda maddesidir.

Bal, bitkide bulunan nektarların, bitki canlı kısım salgılarının yahut bitki canlı kısımlarında yaşamını

sürdüren bitki emici böcek salgılarının Apis mellifera (bal arısı) tarafından toplanıp bu arının kendine ait maddelerle değiştirdiği, su muhtevasını azalttığı ve petek içerisinde depolamak suretiyle olgunlaştırmaya tabi tuttuğu doğal bir gıda ürünüdür [1].

Mucizevi bir gıda maddesi olan bal, hoş görünümü, içerdiği farklı aroma maddeleri ve besleyiciliğiyle binlerce yıl öncesinden bu yana beğenilerek

tüketilmektedir. Bal, zor bozulan yapısı ile kolayca saklanarak insanlık için faydalı bir gıda olmuştur. Besleyici özelliğine ilaveten yaraların iyileştirilmesinde kullanılmakta olması da balın insanlık açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bunların yanı sıra bal farklı dinler tarafından da önemsenmiş ve kutsal sayılmıştır [2]. Hindular, Hristiyanlar ve Müslümanlar bala önem vermiştir. Kur'an-ı Kerim'de Nahl (bal arısı) adında bir sure vardır [3].

İspanya'daki bir dağ mağarasında duvarda yer alan resimde bal toplayan kız yer almakta olup bu resim 16.000 yıl öncesine aittir. Balı hangi zamanda, ilk kimin ve ne şekilde bulduğu bilinmemektedir [4]. Balın mucizevi gücünün farkına varan insanoğlu M.Ö. 4000 yıllarında bilinçli olarak bal üretimini gerçekleştirmiştir [5].

İnsanlar ilk olarak ağaç ve taş aralarında yaşayan arıları öldürüp ürettikleri ballarından faydalanmışlardır. Gerçek manada arıcılık insanoğlunun ağaç veya taş aralarına yuva yapmış arılara zarar vermeden balların belli bir kısmını alıp, kalanını da kovanda tutması ile olmuştur. Osmanlı kaynaklarında bazı vergilerin baldan alındığı (bal vergisi, kovan vergisi) bilinmektedir [6].

Balarısı üzerinde gerek yaşamı ve gerekse de ürünü konusunda tarihten günümüze ilgi mevcuttur. Dengeli ve sağlıklı beslenme de önemli bir yeri olan balın yanında; propolis, polen, arı sütü ve arı zehiri gibi arı ürünleri alternatif tipta kullanılmaktadır [7].

Ülkemiz zengin bir bitki florasına sahiptir. Türkiye florası yaklaşık olarak 12000 vasküler bitki türü ile bulunduğu bölgedeki ülkeler arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle önemli bal kaynağı olan nektarlı bitkiler yönünden de ülkemiz büyük bir potansiyele sahiptir. Nektar içeren bitkilerin bölgelere göre dağılımındaki farklılıklar nedeniyle her bölgede üretilen balların kalitelerinde de farklılıklar bulunmaktadır [8]. Türk milleti göçebe hayattan yerleşik hayat düzenine geçişle birlikte bal üretimine başlamıştır [9]. Türklerin ilk zamanlar balı "arı yağı" olarak adlandırdığı Kaşgarlı Mahmut'un açıklamalarında yer almaktadır [4]. Anadolu'nun en eski üretim etkinliklerinden birisi arıcılıktır. Arıcılık önceden sadece ailelerin gereksinimlerini karşılayacak balı üretmek için yapılırken bugün ticarete önemli bir seviyeye gelmiştir [10].

Zengin bir bitki örtüsüne sahip olan ülkemiz, çiçek balı ve çam balı üretimlerinde Dünya'da önemli bir yere sahiptir. Bölgelere göre bal çeşitliliği düşünüldüğünde kestane, çam, narenciye ve çiçek balı ülkemizin değişik bölgelerinde üretilmektedir [2].

Bal, bazı hastalıkların ve enfeksiyonların kaynağı olan mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici etki göstermektedir [11].

Ballar kaynağına göre çiçek ve salgı balları olarak sınıflandırılmaktadır. Çiçek balları, salgı balı olan çam balı üretimlerinde Dünya bal üretiminde önemli bir yere sahip olan Türkiye zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Bu

çeşitlilik, Türkiye'de bal üretiminde de çeşitliliğe neden olmaktadır. Ülkemizin ekolojik ve sosyo-ekonomik yapısından dolayı her tarafında arıcılık yapılabilmektedir. Ege, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri bal üretimi açısından en önemli bölgelerimizdir [2]. Türkiye'nin bal üretiminin yarısını bu 3 bölgemiz gerçekleştirmektedir. Bal üretimi açısından Ordu, Muğla, Adana, Mersin, Aydın, en önde gelen illerimizdendir [6]. Ülkemizde koloni başına elde edilen bal verimi beklenen seviyede değildir. Hâlbuki Ülkemiz bitki florası, iklim ve coğrafya bakımından arıcılık faaliyetlerine çok uygundur [12]. Orman gülü balının antioksidan ve antibakteriyel etki göstermekte, kardiyovasküler hastalıkların tedavi yöntemlerinde modern tıp yöntemlerine alternatif olarak kullanılmaktadır [13]. Denetim olmadan yetkili olmayan üreticiler tarafından üretilen bazı özel balların kontrolsüz tüketimi ciddi bir sorun olmaya devam etmektedir [14].

Bal bileşenlerinin (karbonhidrat, su, organik asit, enzim gibi) bazıları balın olgunluğu ile ilgilidir, bazıları arılardan gelir, bazıları ise bitki kaynaklıdır [15]. Balın kimyasal içeriğini birçok faktör etkilemekle birlikte belli başlı iki faktör çok önemlidir. Bunlar nektar kaynağı ve o bölgenin rakımı, iklim yapısı ve toprağı gibi dış faktörlerdir [16].

Balın beslenme ve sağlık açısından en önemli bileşeni karbonhidratlardır [17]. Genellikle meşe ve çam ballarında glukoz ve fruktoz konsantrasyonu düşüktür. 30.6 ve 30.4 g/100g fruktoz, 23.5 ve 19.7 g/100g glukoz bulunur. Bütün çiçek balları yüksek konsantrasyonda fruktoz içerir. En yüksek değerler pamuk ve ayçiçeği ballarına aittir [18].

Bal antibakteriyel etkiyi içerdiği şekerlerin osmotik basınç yapması ile sağlamaktadır. Balda bulunan lizozim enziminin de antibakteriyel etki yaptığı bilinmektedir [12]. Balın amilaz, α -glikozidaz, glikoz oksidaz, katalaz ve asit fosfotaz gibi çok sayıda enzim içerdiği bilinir. Ayrıca proteaz, esteraz ve β -glikozidaz aktivitesi de bildirilmiştir [19].

Bal ısıtıldığında veya uzun süre depolandığında monosakkarit parçalanması ya da Maillard reaksiyonu sonucu meydana gelen hidroksimetilfurfural(HMF) balda istenmeyen bir bileşendir [20]. Balda organik asitler bulunmaktadır [12]. Bal insan vücudu için yüksek derecede enerji sağlayan ve hızlı biçimde bu enerjiden faydalanılan önemli bir gıdadır [21].

Birçok faydalı madde içeren bal geleneksel bir ilaç olarak bilinir. Balın terapötik etkisi giderek artmaktadır. Bazı deneylerde ve klinik şartlarda balın etkisini gösteren bilimsel kanıtlar ortaya çıkmaya başlamıştır [22]. Bal, kolay sindirilen şekerlerin derişik çözeltisi olduğundan enerji sağlık ve zindelik veren bir besindir [23]. Bal, mide bağırsak hastalıklarında, yara ve yanıkların iyileştirilmesinde antimikrobiyal ajan olarak kullanılır. Akut ve kronik mide lezyonlarına karşı gastrik koruma sağlar [22].

Bal, yaraların tedavisinde veteriner hekimlikte kullanılır. Yaraların iyileştirilmesinde olumlu etkileri bulunmaktadır [24]. Tatlandırıcı özelliğinin yanı sıra bal eski çağlardan beri geleneksel tıpta kullanılan doğal bir antioksidandır [25]. Bal bakteri ve mantar gelişimini önleyerek antibakteriyel ve antifungal etki göstermekte ve yaraların dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır [26].

Bal, arıların ürettiği doğal bir maddedir. Karbonhidrat bakımından zengin olmasının yanı sıra bal sağlığını açısından çok faydalıdır. Bu nedenle fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilir [27].

Değişik bölgelerde üretilen balların beslendiği kaynağa göre farklı aroma ve lezzete sahip oldukları bilinmektedir. [28]. Bal fiyatlarının belirlenmesinde sahip oldukları duyuşal özellikler çok önemlidir [29].

Su miktarı balın tanımlanmasında kullanılan başlıca kriterlerden biridir. Dolaylı olarak kuru madde miktarını gösterdiği için de önemlidir [30]. Nem miktarı % 20 ve üzerinde olan ballarda fermantasyon riski fazladır. Bu tip ballarda depolama öncesi balın pastörize edilmesi ile balın fermantasyonu önlenir [31]. Belirlenen değerlerin üzerinde bulunan şeker(sakkaroz) içeriği ve suda çözünür kuru madde miktarı, ballarda taşış olup olmadığını anlamak için önemli bir indistir [32].

Bal pH'sı 3.20 - 4.50 arasında değişen, asitli gıdalar sınıfında yer almaktadır. Bu asidik durum nektarların olgunlaşması sırasında meydana gelen bazı asitlerden ileri gelmektedir [33]. Balın düşük pH'ya ve yüksek osmolariteye sahip olması, antibakteriyel aktivitesinin sebebi olarak görülmektedir. Ayrıca baldan izole edilen antibakteriyel özellik gösteren uçucu bileşenler de bu aktivitenin diğere bir sebebi olarak gösterilmektedir [34].

Yapılan bir çalışmada doğal bal, sakaroz şurubu ile beslenen arılardan elde edilen bal, ısı ve asite maruz bırakılmış sakaroz şurubu ile beslenen arılardan elde edilen bal olmak üzere 3 grup bal incelenmiştir. Sakaroz şurubu ile beslenen arılardan elde edilen balların asitlik derecesi daha düşük bulunmuştur [35]. Balın viskozitesi reolojik özellikler arasında olup birçok durumdan etkilenmektedir. Balın reolojik özellikleri vasıtasıyla proses şartları ve raf ömrü belirlenebilmektedir [36]. Ballar yüksek sıcaklık derecesinde ihtiva ettiği enzimler parçalanıp bal kalitesine olumsuz etki yapmaktadır [37].

Bala üretimi esnasında ya da üretimden sonra yapılan çeşitli hileler ve ısıl işlemler balın doğal yapısını bozmakta, besin içeriğini olumsuz yönde etkilemektedir. Günümüzde en çok hile bala şeker şuruplarının katılması (taşış) şeklinde yapılmaktadır [38].

Şifa kaynağı olan bal, teknolojik imkânların yanlış ve kötü kullanılması sonucu, hile yapılmasına müsait bir gıda maddesi haline almıştır. Dolayısıyla güvenli ballara ulaşmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bal üretiminde fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi üretilen balın standartlara uygunluğu ve bal kalitesi açısından büyük öneme sahiptir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

İğdır ve yöresinde (Merkez, Tuzluca, Kağızman) üretilen ve satışa sunulan 30 adet süzme çiçek balı numunesi analizlerimizde örnek olarak kullanılmıştır. Bal örnekleri, analizler yapılmaya laboratuvarında uygun ortamda muhafaza edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Kırılma indisi ve rutubet tayini

Rutubet, refraktometre ile tayin edilmiştir. Bunun için, analiz numunesinden alınan yeteri kadar bal, refraktometrenin prizmaları arasına konur. Gerekli su bağlantıları kurulur ve numunenin bulunduğu bölgenin sıcaklığı 20 °C' a ayarlanmıştır. Balın optik kırılma indisi okunmuş ve çizelgede belirtilen değerlere göre nem miktarı belirlenmiştir [39].

2.2.2. Asitlik tayini

Tartılan bal, su ile seyreltikten sonra, fenolftalein indikatörüne karşı, ayarlı sodyum hidroksit çözeltisi ile titrasyona tabi tutulur. Buradan, 1 kg baldaki asitlerin toplam mili eşdeğer sayısı hesaplanarak sonuç olarak verilmektedir.

Analiz numunesinden yaklaşık 10 gr, 0.01 gr yaklaşımla tartılarak 250 mL'lik temiz, kuru bir erlene konur. Üzerine 75 mL su eklenip erlenin ağzı kapatılıp iyice karıştırılarak bal çözülür. Çözeltiye 4-6 damla fenolftalein çözeltisi ilave edildikten sonra, bir büretten akıtılan standard sodyum hidroksit çözeltisi ile, eşdeğerlik noktasına kadar titre edilmiştir. Eşdeğerlik noktasında, fenolftalein kırmızı renginin en az 15 saniye kaybolmadan kalmasına dikkat edilmiştir. Titrasyonda harcanan standard sodyum hidroksit çözeltisi hacmi (Vt) kaydedilir. Başka bir erlene bir şahit deney yapılarak, titrasyonda kullanılan suyun ve indikatörün harcayabileceği standard sodyum hidroksit çözeltisi hacmi (Vo) okunur. Balda mevcut asitler için harcanan sodyum hidroksit çözeltisi hacmi (V)'ni bulmak amacıyla Vt'den Vo çıkarılır [39].

Hesaplama şu şekildedir:

Numunenin asitliği (A), milieşdeğer mmol/kg olarak, aşağıdaki ifade ile hesaplanır:

$$A = (1000 \times M \times V) / m$$

M = Standard sodyum hidroksit çözeltisinin molaritesi (mmol/mL),

V = Deneyde, balda mevcut asitler için harcanan sodyum hidroksit çözeltisi hacmi (mL),

$$(V = V_t - V_o),$$

m = Deneyde kullanılan bal numunesinin miktarı (g)

2.2.3. HMF tayini

Bal numunelerinin HMF tayini, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi (HPLC) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Kalibrasyon materyalleri % 99 saflıkta HMF standardı kullanılarak HMF stok standardından 1, 2, 5, 7.5 ve 10 mg /L 'lik çalışma standartları günlük hazırlanmıştır.

Örneklerin ön hazırlık aşamasında yaklaşık olarak 10 gr alınan bal örneği üzerine yaklaşık 25 ml saf su eklenerek çalkalayıcı kullanılarak bal çözülmüştür. Çözelti, 50 ml'lik balon jojeye aktarılarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. 0.45 µm membran filtreden süzülerek 285 nm dalga boyunda ölçüm yapabilen DAD dedektörlü HPLC cihazına verilmiştir. Ölçümler, 285 nm dalga boyunda ölçüm yapabilen DAD dedektörlü HPLC ile yapılmıştır. Tespit limiti (Detection Limit-LOD) ölçülebilir sinyal veren en düşük analit miktarına göre hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılacak bütün kimyasal malzemeler HPLC ile analize uygun saflıkta kullanılmıştır.

Cihaz şartları :

Mobil Faz : Saf su-metanol (90/10)v/v

Analitik Kolon : C18-reversed phase (Hypersil ODS 5 µm,125x4 mm 250x4 mm)

Akış Oranı ve Enjeksiyon Miktarı : 1,0 ml/dk ve 20 µl [40].

2.2.4. Fruktoz ve glukoz analizi

1 gr bal numunesi tartılmış ve üzerine yaklaşık 9 ml saf su ilave edilerek iyice çözüldürülmüştür. 0.45 mikronluk özel filtrelerden geçirildikten sonra viallere alınarak enjeksiyon yapılmıştır [41].

Mobil faz : Saf su + Asetonitril (75/25) v/v

Cihaz : Agilent 1200 HPLC

Kolon : Exsil 5m NH2 (250mm x 4.6mm)

Enjeksiyon hacmi : 100 µL

Akış : 1.3 mL/dak.

Kolon fırın sıcaklığı : 23°C

2.2.5. İstatistiksel analiz

Bal örneklerinde, analiz edilen numunelere ait minimum ve maksimum değerler belirlenmiştir. Ayrıca analiz edilen numunelerin ortalama değerleri bulunmuş ve standart sapma değerleri de hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

Analiz edilen bal örneklerine ait bazı fizikokimyasal analiz sonuçları aşağıda yer alan Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Bal Numunelerinde yapılan bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Brix(%)	Nem (%)	Asitlik (meqkg ⁻¹)	pH	İletkenlik (Mscm ⁻¹)
1	82,9	15,00	23,00	4,33	0,19
2	82,4	15,55	21,00	4,57	0,13
3	82,1	15,85	20,25	4,07	0,17
4	82,5	15,50	21,76	4,33	0,14
5	82,4	15,55	32,00	5,02	0,98
6	83,7	14,15	19,50	4,28	0,11
7	83,5	14,30	22,75	4,53	0,12
8	83,9	14,25	20,50	4,01	0,16
9	83,2	14,60	21,00	4,07	0,16
10	83,2	14,75	21,00	4,21	0,22
11	83,5	14,60	16,75	4,54	0,13
12	81,9	16,00	27,00	4,13	0,13
13	82,0	16,00	21,50	4,12	0,16
14	86,4	13,35	28,00	4,30	0,14
15	82,3	15,25	30,25	4,17	0,19
16	82,6	15,35	25,75	4,18	0,18
17	83,2	15,45	23,50	4,60	0,13
18	83,7	14,55	13,75	4,22	0,14
19	83,4	15,35	24,25	4,04	0,11
20	84,4	14,25	21,75	4,69	0,13
21	83,3	14,70	23,75	4,79	0,11
22	84,2	14,25	19,75	4,60	0,13
23	83,4	14,35	15,00	4,17	0,17
24	82,7	15,55	25,75	4,41	0,11
25	83,3	15,15	23,75	4,57	0,16
26	85,0	15,25	23,50	4,02	0,13
27	83,2	15,15	29,75	4,13	0,15
28	82,8	15,35	19,00	4,19	0,15
29	82,2	16,50	20,25	4,42	0,12
30	84,5	16,75	23,50	4,27	0,13
Min.	81,9	13,55	13,75	4,01	0,11
Maks.	86,4	16,75	32,00	5,02	0,98
Ort.	83,3	15,09	22,64	4,33	0,17
St. Sp.	0,97	0,75	4,16	0,25	0,15

Min: Minimum, Maks: Maksimum, Ort.: Ortalama, St. Sp.; Standart sapma

İğdır ve yöresinde üretilen balların nem miktarı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde belirtilen en fazla % 20 kriterine uyumlu olup ortalama % 15.09 ± 0.75 olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlardan asitlik miktarı da aynı şekilde Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde belirtilen en fazla 50 meq/kg limitine uyumlu olup ortalama % 22.64 ± 4.16 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda bal numunelerinin pH değerleri, bir numune (5 nolu numune, pH=5.02) hariç normal değerler arasında olup ortalama 4.33±0.25 dir.

Analizlerini yaptığımız bal numunelerinde iletkenlik değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde belirtilen en fazla 0.8 Mscm-1 değerinden düşük çıkmış olup ortalama değer 0.17 ± 0.15 dir.

Tablo 3.2. Bal Numunelerinde yapılan bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	HMF (mg kg ⁻¹)	Fruktoz (%)	Glukoz (%)	Fruktoz / Glukoz (%)	Fruktoz + Glukoz (%)
1	24,05	38,18	32,68	1,17	70,86
2	43,10	38,10	30,25	1,26	68,35
3	21,45	41,31	34,42	1,20	75,73
4	55,65	38,78	30,60	1,27	69,38
5	21,55	27,80	32,41	0,86	60,22
6	18,75	40,06	33,05	1,21	73,11
7	26,25	39,14	34,64	1,13	73,78
8	19,00	38,69	30,80	1,26	69,49
9	21,75	39,14	27,37	1,43	66,50
10	119,7	38,82	34,12	1,18	74,21
11	23,20	41,23	29,82	1,30	68,64
12	22,00	41,09	35,21	1,17	76,44
13	18,60	39,56	34,10	1,20	75,19
14	55,10	38,01	33,57	1,18	75,13
15	24,55	39,92	30,24	1,26	68,25
16	47,15	38,13	33,62	1,19	73,54
17	13,70	38,84	29,45	1,29	67,57
18	129,00	37,28	32,73	1,19	71,57
19	18,70	37,19	30,19	1,24	67,47
20	26,55	37,81	32,08	1,16	69,27
21	24,75	38,77	32,68	1,16	70,49
22	34,00	38,06	28,02	1,38	66,78
23	34,75	38,33	34,28	1,11	72,34
24	69,15	41,64	33,68	1,14	72,01
25	96,60	38,36	36,12	1,15	77,76
26	35,65	39,66	35,94	1,07	74,31
27	18,55	38,19	31,60	1,26	71,26
28	26,70	40,09	31,94	1,20	70,13
29	23,60	38,16	33,27	1,15	71,42
30	82,00	38,16	34,99	1,09	73,15
Min.	13,70	27,80	27,37	0,86	60,22
Maks.	129,00	41,64	36,12	1,43	77,76
Ort.	39,85	38,62	32,46	1,20	71,09
St. Sp.	30,41	2,36	2,24	0,10	3,66

Min: Minimum, Maks: Maksimum, Ort.: Ortalama, St. Sp.: Standart sapma

Bu çalışmanın en önemli analizlerinden olan HMF miktarlarında ise % 30 miktarına tekabül eden 9 numunede ise Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde belirtilen maksimum 40 ppm sınırı dışında kalmıştır. % 70 numunemiz HMF açısından kabul edilebilirlik değerleri içerisinde. Ortalama HMF miktarları 39.85 ppm ± 30.41 olarak bulunmuştur.

Ballarda en önemli kalite kriterlerinden olan Fruktoz ve Glukoz toplamı ve oranları Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde belirtilen değerlerle uyum içerisinde. Fruktoz + Glukoz oranı tebliğde belirtilen minimum % 60 değerlerinin üzerinde olup ortalama % 71.09 ± 3.66 olarak tespit edilmiştir.

Aynı şekilde Fruktoz / Glukoz oranı da bir numune dışında tebliğde belirtilen 0.9-1.4 arası değerlerde olup ortalama 1.20 ± 0.10 olarak bulunmuştur.

4. SONUÇ

Çalışmamızda bulunan nem miktarı değerleri daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik arz etmektedir [42][43][44]. Araştırmamızda tespit ettiğimiz

briks miktarları yapılmış araştırmalarda elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir [42][45][46]. Bu çalışmada tespit edilen pH değerleriyle daha önceki çalışmalarda tespit edilmiş pH değerlerinin benzer olduğu görülmektedir [43][47][48]. Çalışmamızda bulunan iletkenlik değerleri ve hidrosimetilfurfural değerleri yapılmış çalışmadaki değerlerle benzerlik arz etmektedir [49]. Araştırmamızda tespit edilen glukoz, fruktoz oranı, toplamı ve birbirine oranı yapılmış çalışmalarda bulunan sonuçlarla uyumluluk göstermektedir [43][50][51].

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürlerde geçen araştırmacılarınki ile genel olarak benzerlik göstermektedir. Her yörenin bal kalitesine etki eden şartları farklı olduğundan bazı çok az sayıdaki sonuçlarda farklılıkların olması beklenen bir durumdur. Bu çalışma daha önce yapılan çalışmalara kıyastan ziyade bu bölgede üretilen balların standartlara uygunluğunun kontrolü amaçlanmıştır.

HMF açısından dokuz adet bal numunesinin (%30) tebliğde belirtilen maksimum değerden yüksek çıkması süzme aşamasında ısı uygulanması ve uygunsuz depolamadan kaynaklanmaktadır. HMF'nin yüksek çıkması bal üreticilerinin bal üretimi konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıkları kanaatini doğurmuştur. HMF'nin sağlıklı beslenme açısından bir risk olduğu göz önünde bulundurulduğunda bal üreticileri bu hususta eğitim çalışmalarıyla bilinçlendirilmelidir.

Yapılan analizlerde sadece 1 adet numunede gerek şeker oranları ve gerekse de pH ve iletkenlik açısından olumsuzlukların olduğu göze çarpmaktadır. Bu durumun muhtemel en önemli sebebi bal hilelerinden olan tağşiştir.

Bu sonuçlar bize ülkemiz bal üretiminde ön planda olmayan yörelerimizde düşük miktarda bal üretimi yapan arıcıların, gerek ailesi ve gerekse de tanıdıkları için bal ürettiklerinden balda taklit ve tağşiş yapmadıklarını düşündürmektedir. İğdir ve yöresinde yapılmış bu ilk çalışma, gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmaya destek veren İğdir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Bal Tebliği. Tebliğ No: 2012/58. Resmi Gazete. [İnternet]. 2012. [Cited 2012 Dec 25]. <https://www.resmigazete.gov.tr/2012/07/20120727-12.htm>
- [2] Mortaş, M., Yazıcı, F., Dervişoğlu, M. Balın Samsun ve Karadenizdeki Yeri. Samsun Sempozyumu, 2011. 13-16 Ekim, p. 351-354.
- [3] Tunçel, H. Türkiye'de 1966 -1986 Yılları Arasında Arıcılığa Genel Bir Bakış. Türkiye Coğrafyası

- Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 1992. 1:3. p. 51-54.
- [4] Sönmez, B., Balın İnsan Sağlığındaki Yeri ve Önemi. *Uludağ Bee Journal*. 2004. Ağustos. p.127-130.
- [5] Demirci, M. Beslenme. In: *Karbonhidratlar, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:44*. 2005. p. 35-52.
- [6] Arıcılık. [İnternet]. 2013. [cited 2013 jun 13]. [http://www.ordutb.org.tr/admin/dosya/aricilik_son\(_2013\)\(1\).pdf](http://www.ordutb.org.tr/admin/dosya/aricilik_son(_2013)(1).pdf)
- [7] Kumova, U., Korkmaz A., Avcı, B.C., Ceyran G. Önemli Bir Arı Ürünü: Propolis. *Uludağ Bee Journal*, 2002. 2:2,10-23.
- [8] Terzi, E., Bilecik ve Çevresinde Üretilen Ballarda Bulunan Polenlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. 2009. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı, p: 77.
- [9] Dinç, M. Anadolu Sahasında Arıcılık ve Bal Üretimi Çerçevesinde gelişen İnanç ve Gelenekler Konusunda Bir İnceleme. *International Periodical For The Languages*, 2013. 8:1149-1156.
- [10] Kekeçoğlu, M., Balarısı, Biyoçeşitlilik ve Koruma Çalışmaları. *Arıcılık Araştırma Dergisi*. 2009; 2:1, 3-5.
- [11] Özmen, N., Alkın, E. Balın Antimikrobiyal Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2006; 6:4, 155-160.
- [12] Kekeçoğlu, M., Gürcan, E.K., Soysal, M.İ. Türkiye Arı Yetiştiriciliğinin Bal Üretimi Bakımından Durumu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2007; 4(2),227-236.
- [13] Çeter, T., Güney, K. Orman Gülü ve Deli Bal. *Uludağ Bee Journal* . 2011; 11(4), 124-129.
- [14] Öztürk, B., Çağlar, F.N., Kaya, B., Uysal, D., Karabağ, T.. Mad Honey intoksication in Three İndividual Patients Admitted to the Emergency Department. *Istanbul Med J*. 2014;15(1), 196-198.
- [15] Anklam, E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of Honey. *Food Chemistry*. 1998; 63(4). 549-562.
- [16] Uçkun, O.. Narenciye ve Geven Ballarının Aroma ve Aroma Aktif Bileşiklerinin Belirlenmesi. 2011. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [17] Karadal, F., Yıldırım, Y. Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg*. 2012; 9(3) 197-209.
- [18] Poyrazoğlu, E.S., Haroun, M.I., Konar, N., Hospolat, I., Artık, N., 2012. Sugars Profiles and Contents of Turkish Honeydew and Floral honeys. *International Conference on Environment. Agriculture and Food Sciences*. 59-62.
- [19] Yılmaz, H., Şakıroğlu, H., Kührevioğlu, İ. Catechol oxidase activity in honey from Eastern and South-eastern Anatolia. *Journal of Apicultural Research*. 2003; 42(2), 22-23.
- [20] Chernetsova, E.S., Morlock, G.E.. Assessing the capabilities of direct analysis in real time mass spectrometry for 5-hydroxymethylfurfural quantitation in honey. *International Journal of Mass Spectrometry*. 2012; 3(4), 22-32.
- [21] Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi. *Gıda Teknolojisi, Bal Analizleri*. [İnternet]. 2012. [Cited 2012 Dec 27]. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Bal%20Analizleri%201.
- [22] Al-Mamary, M., Al-Meeri, A., Al-Habori, M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*. 2002; 86(2), 1041-1047.
- [23] Orak, H., Yurdumuzun Değişik Yöre Ballarının Bileşimi Kristallenme nedenlerinin Araştırılması. *Doktora Tezi*, 1986; İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü Besin Kimyası Anabilimdalı.
- [24] Çelimli, N. Veteriner Hekimlikte yara tedavisinde bal kullanımı. *Bee J*. February 2010; 11 (3): 85-91, Bursa.
- [25] Kassim, M., Mansor, M., Suhaimi, A., Ong, G., Yusoff, K.M.. Gelam Honey Scavenges Peroxynitrite During the Immune Response. *Int. J. Mol. Sci*. 2012;13(1), 12113-12129.
- [26] Bal Hakkında. [İnternet]. 2013. [Cited 2013 May 02]. http://www.balder.org.tr/bal_hakkinda.htm
- [27] Silici, S., Soylu, M., Honey and Glycemic Index. *Turkish Journal of Agriculture*. 2015; 3(5), 283-293.
- [28] Sunay, A.E., Akdoğan, G., Boyacıoğlu, D., Balın Bölgelere Göre Duyusal Farklılıklarının Belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 2008; p. 829-832.
- [29] Sunay, A.E., Boyacıoğlu, D. Türk Ballarında Tanımlayıcı Analiz ve Profil Testi. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 2006; p.35-38
- [30] Çınar, S.B., Ekşi A. Türkiye’de Üretilen Çam Balının Kimyasal Profili. *Gıda*. 2012; 3 (3): 149-156.
- [31] Bal Sektörü İçin İyi Hijyen Uygulamaları Rehberi. Rehber No:1. [İnternet]. 2012. [Cited 2012 July 13]. https://duzce.tarimorman.gov.tr/Belgeler/GIDA/Bal_Sektoru.pdf
- [32] Haroun, M.I.. Türkiye’de Üretilen Bazı Çiçek ve Salgı Ballarının Fenolik Asit ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi. *Doktora tezi*, 2006; Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [33] White, J. Composition of honey. In Crane, E (ed) *honey: a comprehensive survey*. Heinemann, 1975. London. 157–206.
- [34] Bogdanow, S. Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*. 1997;30(1), 748–753.
- [35] Özcan, M., Arslan, D., Sert, D., Effect of İnverted Saccharose on some Properties of Honey. *Food Chemistry*. 2005; 99, 24–29.
- [36] Kayacıer, A., Karaman, S.. Balların Reolojik Karakterizasyonu. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 2008; p. 285-288.
- [37] Polat, G., Farklı Lokasyon ve Orijinlere Sahip Balların Reolojik, Fizikokimyasal Karakteristikler ve Mineral İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 2007. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [38] Tosun, M., Keleş, F. Bala Sakaroz Şurubu Katılarak Yapılan Hileleri Belirleme yöntemlerinin Araştırılması. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 2008; p.51-54

- [39] TS 3036. Bal standardı. [İnternet]. 2002. [Cited 2013 Jen 07]. <http://www.balmer.com/Files/files/dokumanlar/tse-standardi-tse036bal/TSE%20%20Standard%C4%B1%20-%20Bal.pdf>
- [40] Küplülü, Ö. Süzme Ballarda Muhafaza Sıcaklığının HMF Değeri ve Diastaz Aktivitesi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu. 2010..
- [41] TS 13359. Bal-Fruktoz, Glukoz, Sakaroz, Turanoz ve Maltoz Muhtevası Tayini- Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Metodu, [İnternet]. 2008; [Cited 2013 Feb 07]. <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097106122089121097102053048082055>.
- [42] Tosun, M., Keleş, F.. Balda Yapılan Hileleri Belirleme Yönetemlerinin Uygunluğunun Araştırılması. Doktora Tezi, 2004; Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [43] Şengül, M., Şengül, M., Dodoloğlu, A.. Erzurum'da üretilen balların fiziksel ve kimyasal özellikleri. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 2006; S.863-867.
- [44] Kenjerić, D., Mandić, M.L., Primorac, L, Bubalo, D., Perl, A.. Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. Food Chemistry, 2007; 102, 638-690.
- [45] Silva, L.R., Videira, R., Monteiro, A.P., Valentão, P., Andrade, P.B.. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. Microchemical Journal. 2009; 93, 73-77.
- [46] Anupama, D., Bhat, K.K., Sapna, V.K. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food Research International, 2003; 36, 183-191.
- [47] Devillers, J., Morlot, M., Pham-Delégue, M.H., Doré, J.C. Classification of monofloral honeys based on their quality control data. Food Chemistry, 2004; 86, 305- 312.
- [48] Saxena, S., Gautam, S., Sharma, A. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. Food Chemistry. 2010;118, 391-397.
- [49] Batu, A., Küçük, E., Çimen M.. Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri Çiçek Ballarının Fizikokimyasal ve Biyokimyasal Değerlerinin Belirlenmesi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2013; 8(1), 52-62.
- [50] Chakir, A., Romane, A., Marcazzan, G.L., Ferrazzi, P. Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. Arabian Journal of Chemistry, 2011;1-9.
- [51] Güler, Z. Doğu Karadeniz Bölgesinde üretilen balların kimyasal ve duyuşal nitelikleri. Gıda dergisi.2005; 30(6), 379-384.



Lavantada Köklenme Üzerine Çelik Kalınlıklarının Etkisi

Nimet KARA^{1*}, Hasan BAYDAR¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye
 Nimet KARA ORCID No: 0000-0001-7069-0877
 Hasan BAYDAR ORCID No: 0000-0003-1317-2066

*Sorumlu yazar: nimetkara@isparta.edu.tr

(Alınış: 29.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
 Lavanta,
 Çelik kalınlığı,
 Köklenme oranı

Öz: Araştırma, *Lavandula angustifolia* var. Raya ve *Lavandula x intermedia* var. Super çeşitlerinin yaklaşık 15 cm uzunluğunda 2,0-3,0, 3,1-4,0, 4,1-5,0, 5,1-6,0 ve 6,1 mm üzeri olarak sınıflandırılan beş farklı kalınlıktaki çelikler kullanılarak, köklenme oranı, kök uzunluğu ve kök sayısına etkisini incelemek amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekererrürlü olarak yürütülmüştür. Köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğu bakımından çeşitler ve çelik kalınlıkları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli çıkmış ve Raya çeşidinin köklenme özellikleri Super çeşidinden daha yüksek olmuştur. Çelik kalınlıklarına bağlı olarak köklenme oranı, kök sayısı ve uzunluğunda belirgin bir artış veya azalış göstermemiş, ancak köklenme değerleri 3,1-4,0 mm kalınlığındaki çeliklerde daha yüksek olmuştur. Sonuç olarak, lavantada köklenme için en uygun çelik kalınlığı 3,1-4,0 mm olarak belirlenmiştir.

Effect of Cuttings Thicknesses on Rooting in Lavender

Keywords
 Lavender,
 Cutting thicknesses,
 Rooting rate

Abstract: The research was conducted with aim to examining effect on rooting rate, root length and root number using five different cuttings thickness classified as 2,0-3,0, 3,1-4,0, 4,1-5,0, 5,1-6,0, and 6,1 mm above about 15 cm long of *L. angustifolia* var. Raya an *Lavandula x intermedia* var. Super according to randomized plots design with three replications. Differences among cultivars and cuttings thickness in point of rooting rate, root length and number were statistically significant, and rooting characteristics of Raya cultivar was higher than Super. There was no significant increase or decrease in rooting rate, root number and length depending on the cutting thicknesses, and higher values were determined in the cutting thickness of 3,1-4,0 mm. As a result, it was determined as 3.1-4.0 mm the optimal cutting thickness for rooting in the lavender.

1. GİRİŞ

Lavandula sp, *Lamiaceae* familyasından yarı çalimsı formda, çok yıllık, değerli bir uçucu yağ bitkidir. Lavantanın, taze veya kuru saplı çiçeklerinden elde edilen uçucu yağından, kurutma sonrasında sapsız ayırılan tomurcuklarından ve kuru demet çiçek şeklinde vazo bitkisi olarak faydalanılmaktadır. Lavantanın özellikle antimikrobiyal, antibakteriyel, antivirütik ve antioksidan etkisinin olması ve hoş kokuya sahip olması nedeniyle gıda katkısı, kozmetik, parfümeri, ilaç, aromaterapi gibi pek kullanım alanına sahiptir. Lavantanın iklim ve toprak isteğinin çok yüksek olmaması, bakım işlemlerinin kolay olması ve kullanım

alanlarının giderek artması, lavanta tarımına ilgiyi arttırmış ve üretim alanları genişlemiştir [1].

Lavanta bitkisi diğer aromatik bitkilerde olduğu gibi üretimi ve çoğaltılması generatif ve vejetatif olarak başlıca iki yolla gerçekleştirilir. Bazı lavanta türleri sadece generatif olarak tohumlarıyla, bazı türleri ise vejetatif olarak sürgün çelikleri ile bazı lavanta tür ve çeşitleri ise her iki yolla daha kolay ve hızlı bir şekilde çoğaltılabilmektedir. Lavanta (*Lavandula* sp.) türleri arasında uçucu yağ üretiminde kullanılan en önemli iki tür lavander (*L. angustifolia* Mill., syn. *L. officinalis*, *L. vera*) ve lavandin (*L.x intermedia* Emeic ex Loisel., syn. *L. hybrida*)'dir. Lavander (*L. angustifolia* = *L. officinalis* = *L. vera*) çeşitleri hem generatif hem de vejetatif olarak çoğaltılabilirken, *L. angustifolia* ve *L. latifolia* melezi olan lavandin (*L.x intermedia* = *L. hybrida*) çeşitleri kısır

olduklarından tohum üretmezler ve bu nedenle vejetatif olarak çoğaltılabilmektedir [1]. Tıbbi ve aromatik bitkilerde genel olarak tek yıllık ve otsu yapıda olan türler tohumlarıyla genaratif olarak, çok yıllık ve odunsu olanlar ise yaygın olarak vejetatif olarak çoğaltılırlar. Çelikle çoğaltma basit ve kolay uygulanabilir olması, birim alandan çok sayıda fidan elde edilmesi [2], anaç bitkiyle aynı genetik yapıya sahip ve kaliteli fidan elde edilmesi gibi avantajlarından dolayı birçok bitkinin çoğaltılmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çelikle üretimde köklenme başarısı bitki türü, anaç bitkinin yaşı, çelik alma zamanı, çelik tipi ile kullanılan bitki büyüme düzenleyiciler, köklendirme ortamları ve çevre koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir [3]. Farklı bitki türlerinde yürütülen çalışmalarda köklenmenin türlere ve çelik kalınlıklarına göre değiştiği [4, 5] rapor edilmiştir. Özellikle çelik alımında belirli kalınlıkta ve gözlere sahip çelikler avantaj oluştururken, diğer taraftan anaç bitki yetersizliği en önemli dezavantajı oluşturmaktadır. Tohum üretmeyen ve anaç bitkinin yetersiz olduğu durumlarda, yeterli fide elde etmek için, olabildiğince fazla sayıda çelik elde edilmesi önem taşımaktadır. Araştırma, lavantada farklı kalınlıklara sahip dalların (çeliklerin) köklenme özelliklerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait serada 2019 yılında yürütülmüştür. Tarla Bitkileri Bölümü deneme arazisinde yetiştirilen *L. angustifolia* var. Raya ve *Lavandula x intermedia* var. Super çeşitlerine ait anaç bitkilerinin çelikleri materyal olarak kullanılmıştır. Her iki çeşitten Mart ayında yaklaşık 15 cm uzunluğunda kumpas ile ölçülerek 2,0-3,0, 3,1-4,0, 4,1-5,0, 5,1-6,0 ve 6,1 mm üzeri olarak sınıflandırılan beş farklı kalınlıkta 60'şar adet çelik hazırlanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak, her tekerrürde 20 adet çelik olacak şekilde kurulmuştur. Köklendirme hormonu olarak Indol-3 bütrik asitin (IBA) 4000 ppm'lik konsantrasyonuna çeliklerin yaklaşık 3-4 cm alt kısımları hızlı daldırma yöntemine göre 5 saniye süreyle daldırıldıktan sonra [6], sera ortamında perlit ve torftan (1:1) oluşan köklendirme kasalarına dikilmiş ve otomatik sisleme ile düzenli olarak sulanmıştır. Çelikler sera ortamında 60 gün bekletilmiş ve köklenen çelikler sayılarak köklenme oranı (%) tespit edilmiştir. Ayrıca köklenen çeliklerde ortalama kök sayısı (adet/çelik) ve ortalama kök uzunluğu (cm/kök) belirlenmiştir. Elde edilen verilerin varyans analizi JUMP 5.0 istatistik programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklar DUNCAN testine göre karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Lavanta çeşitlerine ait çeliklerin köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunlukları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur. Raya çeşidinin köklenme oranı (%47,1), kök sayısı (5,5 adet/çelik) ve kök uzunluğu (3,16 cm), Super çeşidinden

(sırasıyla, %40,6, 3,7 adet/çelik ve 1,85 cm) daha yüksek olmuştur (Tablo 1).

Çelik kalınlıklarının köklenme oranı, kök sayısı ve uzunlukları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuş, en yüksek köklenme oranı ve kök sayısı 3,1-4,0 mm kalınlığındaki (sırasıyla, %59,0 ve 5,4 adet/çelik) çeliklerde ve en yüksek kök uzunluğu 2,91 cm ile 2,0-3,0 mm kalınlığındaki çeliklerde belirlenmiştir. En düşük kökleme oranı (%33,0) ve kök sayısı (3,4 adet/çelik) en ince çelik sınıfında (2,0-3,0 mm) ölçülürken, en kısa kök uzunluğu 2,08 cm ile 4,1-5,0 mm çelik kalınlığında belirlenmiştir (Tablo 1).

Çeşit x çelik kalınlığı kombinasyonu incelendiğinde, en yüksek köklenme oranı (%66,2) ve kök sayısı (7,1 adet/çelik) Raya çeşidinin 3,1-4,0 mm çelik kalınlığında belirlenirken, en yüksek kök uzunluğu 3,93 cm ile yine Raya çeşidinin 2,0-3,0 mm çelik kalınlığında ölçülmüştür. En düşük köklenme oranı (%30,6) ve kök sayısı (2,9 adet/çelik) Super çeşidinin 2,0-3,0 mm kalınlığındaki çeliklerde ölçülmüş ve en kısa kök uzunluğu 1,61 cm ile yine Super çeşidinin 5,1-6,0 mm kalınlığındaki çeliklerden elde edilmiştir (Tablo 1).

Bir lavander çeşidi olan Raya'nın köklenme özellikleri, Super lavandin çeşidine göre daha yüksek olmuştur. Sürgün çeliklerinde adventif kökler iletim kambiyum dokusundan meydana gelmektedir. Kambiyum dokusunun kalınlığı ve meristematik aktivitesi köklenme başarısı üzerine doğrudan etkili olduğu bilinmektedir. Kambiyumdan kök oluşumunu teşvik etmek için başta IBA olmak üzere, oksin gurubu hormon uygulamaları yapılmaktadır. Bu çalışmada lavander çeliklerinin lavandin çeşidine göre iletim kabuğunun aktivitesinin daha fazla olduğu veya oksin hormonlarının adventif kök oluşumuna daha iyi reaksiyon gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bulgularımıza benzer şekilde Kara [6] genel olarak lavander çeşitlerinin köklenme özelliklerinin lavandin çeşitlerine göre daha iyi olduğunu bildirmiştir. Çelik kalınlıklarına bağlı olarak köklenme özelliklerinde anlamlı bir artış ya da düşüş olmamış, ancak aralarındaki farklılık önemli çıkmıştır. Genellikle en yüksek köklenme değerleri 3,1-4,0 mm olan orta kalınlıktaki çeliklerde belirlenmiştir. Genel olarak kök sayısı ile kök uzunluğu arasında olumsuz bir ilişki olduğu, kök sayısı az olan çeliklerde kök uzunluğunun daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 1).

Farklı bitki türlerinin (asma, sardunya, Norveç çamı) çelikle çoğaltımı üzerine yapılan çalışmalarda genellikle orta ve kalın çeliklerin daha yüksek köklenme değerlerine sahip oldukları bildirilmiştir [4, 5, 7]. Bunun nedeninin çelikler kalınlaştıkça köklenmeyi teşvik eden oksin hormonun yükseldiğini [8] ve karbonhidrat miktarının daha fazla olduğu [9] ifade edilmektedir. Bu görüşün aksine, Goodin [10] daha az lifli veya liffsiz olan genç sürgünlerin daha iyi köklendiğini bildirmiştir. Hedge [11] fenol bileşikler, azot ve nişasta içeriklerinin bitkinin morfolojik yapısına bağlı olarak değiştiği ve bunun bitkinin farklı kısımlarından üretilen çeliklerin köklenme kabiliyetlerinin değişmesine neden olduğunu rapor etmiştir. Rana [12] ve Swetha [13] karbonhidrat ve

fenolikler ile köklenme arasında pozitif ilişki, azot içeriği ile negatif bir ilişkinin olduğunu ve bu bileşikler çeliklerin fizyolojik durumlarına, sürgün ve kök gelişimi üzerine kuvvetli etki yaptığını bildirmişlerdir. Bunların yanında, çeliklerin köklenme oranları arasında farklılıkların türlerin regenerasyon yeteneklerine ve

genetik yapılarına, uygun ortam koşullarına, anaç bitkinin yaşına, çelik uzunluğuna, ana bitkinin hormonal seviyesine ve anatomik yapısına göre değiştiği bildirilmiştir [14, 15, 16, 17].

Tablo 1. Lavanta çeliklerinin köklenme oranı, kök sayısı ve uzunluğuna çelik kalınlığının etkisi

Çeşitler	Çelik kalınlığı (mm)	Köklenme oranı (%)	Kök sayısı (adet/çelik)	Kök uzunluğu (cm)
<i>L. angustifolia</i> var. Raya	2,0-3,0	36,5 e	3,8 dc	3,93 a
	3,1-4,0	66,2 a	7,1 a	3,31 b
	4,1-5,0	47,6 bc	5,9 b	2,34 c
	5,1-6,0	46,3 bc	4,6 c	3,46 b
	6,1 üzeri	40,1 d	6,1 b	2,77 d
<i>L.x intermedia</i> var. Super	2,0-3,0	30,6 f	2,9 e	1,90 f
	3,1-4,0	52,4 b	3,6 d	2,27 e
	4,1-5,0	45,3 c	3,3 e	1,72 f
	5,1-6,0	41,0 d	4,4 c	1,61 f
	6,1 üzeri	35,2 e	4,1 c	1,87 f
F değeri ÇxÇK		21,92**	9,45**	6,26*
Çeşitler	Raya	47,1 A	5,5 A	3,16 A
	Süper	40,6 B	3,7 B	1,85 B
F değeri Çeşit		21,61**	91,50**	54,96**
Çelik kalınlığı	2,0-3,0	33,0 C	3,4 C	2,91 A
	3,1-4,0	59,0 A	5,4 A	2,79 AB
	4,1-5,0	46,3 B	4,6 B	2,08 C
	5,1-6,0	43,5 B	4,5 B	2,54 ABC
	6,1 üzeri	37,5 C	5,1 AB	2,32 BC
F değeri Çelik kalınlığı		39,89**	12,23**	5,59*
VK (%)		8,77	11,69	9,20

*, **: Sırasıyla $P \leq 0,05$ ve $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli

Aynı sütunda benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur

4. SONUÇ

Çeşitler ve çelik kalınlıkları birlikte değerlendirildiğinde, her iki lavanta çeşidinde ve tüm çelik kalınlılarında değişik oranlarda köklenme olmuş, fakat köklenme oranı, kök sayısı ve uzunluğu çeşitlere ve çelik kalınlıklarına göre değişmiştir. Raya'nın köklenme kabiliyeti Super çeşidinden daha yüksek olmuştur. İncelenen köklenme özellikleri çelik kalınlıklarına bağlı olarak belirgin bir artış veya azalış göstermemiştir, ancak genel olarak 3,1-4,0 mm çelik kalınlığında daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Sonuç olarak, lavantada kalınlıklarına göre sınıflandırılan tüm çeliklerin fide elde etmek amacıyla kullanılabilmesi, ancak köklenme için en uygun çelik kalınlığının 3,1-4,0 mm olduğu belirlenmiş ve önerilebilir bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Kara N, Baydar H. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula sp.*) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. Turk J of Field Crops. 2013; 18(1): 58-65.
- [2] Alp Ş, Yıldız K, Türkoğlu N, Çiğ A, Aşur F. Van ilindeki eski bahçe güllerinin değişik çelik tipleri ile çoğaltılması. YYÜ Tarım Bilim Der. 2010; 20(3): 189-193.
- [3] Sarı Y, Kaçar O. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) çeliklerinde köklenme üzerine farklı köklendirme ortamları ve IBA dozlarının etkileri. Bahçe. 2019; 48(1): 27-37.

- [4] Doğan A, Uyak C, Kazankaya A. Effects of indolebutyric acid doses, different rooting media and cutting thicknesses on rooting ratios and root qualities of 41B, 5BB and 420A American grapevine rootstocks. J Applied Bio Sci. 2016; 10(2): 8-15.
- [5] Al-Abbasi AM. Effect of cutting length and thickness on rooting of Geranium plant *Pelargonium hortorum* cuttings in Basrah City. Basra Studies J. 2012; 14: 1-10.
- [6] Kara N. Uçucu Yağ üretimine uygun lavanta (*Lavandula sp.*) çeşitlerinin belirlenmesi ve mikroçoğaltım olanaklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 161s., 2011.
- [7] Yang FO, Wang J, Li Y. Effects of cutting size and exogenous hormone treatment on rooting of shoot cuttings in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. New Forests. 2015; 46: 91-105. doi:10.1007/s11056-014-9449-1
- [8] Palanisamy K, Kumar P. Effect of position, size of cuttings and environmental factors on adventitious rooting in neem (*Azadirachta indica* A. Juss). For Ecol Manag. 1997; 98(3): 277-280.
- [9] Tchoundjeu Z, Leakey R. Vegetative propagation of African mahogany: effects of auxin, node position, leaf area and cutting length. New For. 1996; 11(2): 125-136.
- [10] Goodin JR. Biochemical and morphological changes associated with juvenile and natura phases

- in hadera. Ph. Dr. Thesis, California Univ. Los Angeles, California; 1962.
- [11] Hedge SS. Propagation studies in some ornamental shrubs by cuttings. Sc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad; 1988.
- [12] Rana HS. Mist propagation of plum clonal root stocks by stem-cuttings and their relationship with some biochemical constituents. *Advances in Horticult and For.* 1996; 5: 61-68.
- [13] Swetha H. Propagation of Indian lavender (*Bursera delpechiana* poiss. Ex Engl.) thorough cuttings under mist. Master Thesis, Department of Horticulture College of Agriculture, Dharwad University of Agricultural Sciences, Dharwad-580 005; 2005.
- [14] Gil-Albert F, Boix E. Effects of treatment with IBA on rooting of *Ornamenta conifers*. *Acta Horticult.* 1978; 79: 63-77.
- [15] Hartmann HT, Kester DE, Davies F, Geneve YR. *Plant propagation: Principles and practices.* 6th ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River. New Jersey; 1997. p.770.
- [16] Schaberg PG, Snyder MC, Shane JB, Donnelly JR. Seasonal patterns of carbohydrate reserves in red spruce seedlings. *Tree Physiol.* 2000; 20: 549-555.
- [17] Ahmed M, Laghari MH, Ahmed I, Khokhar KM. Seasonal variation in rooting of leafy olive cuttings. *Asian J of Plant Sci.* 2002; 1(3): 228-229.



Turizm Yerleşim Alanlarında Peyzajda Kullanılan Bitkilerin Çeşitliliği: Edremit Körfezi (Balıkesir) Örneği

Rıdvan POLAT^{1*}, Selami SELVİ²

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Balıkesir Üniversitesi, Altınoluk Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Rıdvan POLAT ORCID No: 0000-0003-0261-3671

Selami SELVİ ORCID No: 0000-0002-9959-6945

*Sorumlu yazar: rpolat@bingol.edu.tr

(Alınış: 28.05.2020, Kabul: 26.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
 Edremit Körfezi,
 Peyzaj düzenleme,
 Peyzaj bitkileri,
 Balıkesir.

Öz: Edremit körfezi ülkemizin önemli turizm alanlarından biridir. Bu çalışmada, Edremit Körfezinde yer alan yerleşim alanları, turizm işletmeleri, site alanları ve konut çevrelerinde peyzaj amacı ile kullanılan ağaç/ağaççık, çalı ve otsu formundaki bitki türlerinin envanterinin çıkarılması amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda 63 familyaya ait 126 cins ve 155 taksonun doğallaşmış ve egzotik peyzaj bitkisi olarak Edremit Körfezinde yetiştirildiği tespit edilmiştir. Familyaların %68' i tek bir taksonla temsil edilmektedir. En fazla takson içeren familyalar; Fabaceae (13 takson), Rosaceae (12 takson) ve 8 taksonla Lamiaceae ve Pinaceae gelmektedir. En fazla taksona sahip cinsler; 4 taksonla *Salvia* olup bunu ve 3' er taksonla *Abies*, *Acacia*, *Cupressus*, *Jasminum*, *Pinus* ve *Rosa* takip etmektedir. Hayat formlarına göre peyzaj bitkilerinin % 30' unu (46 takson) ağaç formu oluşturmaktadır. Bitkilerin genellikle süs-estetik, çit ve yer örtücü olarak kullanıldıkları tespit edilmiştir.

Diversity of Plants Used in Landscape in Tourism Settlements: Edremit Bay (Balıkesir) Example

Keywords
 Edremit bay,
 Landscape design,
 Landscape plants,
 Balıkesir.

Abstract: Edremit Bay is one of the important tourism areas of our country. In this study, it is aimed to take inventory of plant species in the form of trees, shrubs, bushes and herbaceous plants used for landscaping purposes in residential areas, tourism businesses, site areas and residential areas in Edremit Bay. As a result of the research, it was determined that 126 genera (155 taxa) belonging to 63 families were grown in Edremit Bay as a naturalized and exotic landscape plant. 68% of the families are represented by a one taxon. Families with the most taxa are Fabaceae (13 taxa), Rosaceae (12 taxa) and Lamiaceae and Pinaceae with 8 taxa. Genus with the most taxa is *Salvia* with 4 taxa and *Abies*, *Acacia*, *Cupressus*, *Jasminum*, *Pinus* and *Rosa* are followed by 3 taxa. According to life forms, 30% (46 taxa) of landscape plants are tree forms. It is determined that plants are generally used as ornamental-aesthetic, fence and groundcover in the area.

1. GİRİŞ

Tarihin ilk çağlarından beri insanlar çevresinde yetişen bitkilerden başta besin kaynağı olmak üzere çok çeşitli amaçlarla yararlanmışlardır. Süs bitkileri şekil, form, renk ve estetik özellikleri ile öne çıkan otsu ve odunsu bitkiler olup, bu bitkiler çağlar boyu insanoğlunun acılarını ve sevinçlerini sembolize etmiş ve aynı zamanda teselli kaynağı olmuşlardır [1]. Peyzaj yapımında ana eleman olarak bitkiler statik olmayıp

dinamik özellikler gösteren ve sürekli gelişen - değişen canlı varlıklardır. Fonksiyonel ve estetik yararları olan bitkiler yaşantımızda çok önemli bir yere sahiptirler [2]. Çevre düzenlemeleri içerisinde en önemli faktörü bitkiler teşkil etmektedir. Kent merkezlerindeki bitkiler kent ekosistemine nem kazandırma, hava kirliliğini önleme, enerji tasarrufu, fauna ve flora yaşam ortamı hazırlama [3-4], gibi son derece önemli katkılarda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bitkilerin kent ekolojisine görsel ve işlevsel etkileri çok büyüktür [5]. Özellikle kent ortamlarında yeşil alan ve yapı dengesinin kurulması

oldukça önemlidir. Türkiye’de nüfusun büyük bir oranı artık şehirlerde yaşamaya başlamış olup bu oran düzenli bir şekilde artmaya devam etmektedir. Bu artış şehirlerde plansız, düzensiz ve çarpık kentleşmeyi beraberinde getirmektedir [6].

Ülkemiz kentlerinde kişi başına düşen yeşil alan, gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük düzeyde kalmaktadır [6]. Son yıllarda kırsal alanlardan hızla uzaklaşıp kendi oluşturduğu yapay çevrede yaşamaya başlayan insanlar, doğaya olan özlemini onu korumaya ve doğa ile iç içe olabilecekleri mekânları tercih etme şeklinde göstermeye başlamışlardır. Böylece kentin açık yeşil alan sistemine katkıda bulunan ve rekreasyonel faaliyetlere olanak sağlayan kentsel yeşil alanların önemi de daha iyi fark edilmiştir [7]. Kentsel yeşil alanlar insanlara temiz hava, bol güneş ve serbest hareket etme ortamı sağlaması ile toplum için daha sağlıklı, dengeli, stres atıcı, yenileyici, ruhsal ve bedensel açıdan faydalı bir ortam oluşturmaktadır [8].

Türkiye’nin Ege denizindeki en kuzey körfezi ve aynı zamanda körfez kıyısını oluşturan Edremit Körfezi, Kazdağı ve Madra Dağları arasında yer alan; Ayvalık İlçesi’nin kuzeyinde Alibey Adası, Midilli Adası, Baba Burnu ve Akçay arasında uzanan üçgen şeklinde bir körfezdır [9-10]. Edremit Körfezi, doğal coğrafi özellikler bakımından insanların yerleşmesine, başta tarım ve turizm olmak üzere çeşitli ekonomik faaliyetleri bir arada yapabilmesine imkân veren önemli bir merkez konumundadır. Bu nedenle geçmişten günümüze kesintisiz yerleşim ve ekonomik etkinlik açısından önemli bir cazibe merkezi olmuştur. Son yıllarda da özellikle hızla artan turizm faaliyetleri sonucu körfez nüfusu 400 bine yaklaşmıştır [11].

Edremit körfezi yerleşim alanları (Küçükkuyu, Edremit, Burhaniye, Ayvalık, Gömeç) ve çevresinde yürütülen çalışmalarda park alanları, konut çevreleri ve site bahçelerinde yetiştirilen bitki türleri tespit edilip bu bitkilerin peyzajda kullanım özellikleri (estetik ve görsel) belirlenmiştir.

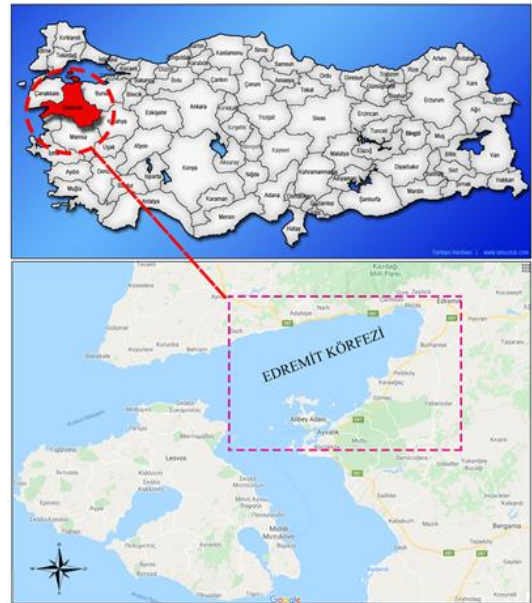
Ayrıca Edremit Körfezi gibi önemli bir turizm merkezinde gerçekleştirilen bu çalışmanın kentsel alanlarda yapılacak bitkilendirme - peyzaj tasarımlarında yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

Kentsel açık-yeşil alanlarda kullanılan bitkisel çeşitlilik üzerine ülkemizde farklı kent merkezlerini kapsayan bazı çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde Trabzon, Rize, Artvin, Giresun, Ordu [12] ve Kahramanmaraş [13] gibi kent merkezlerinde benzer çalışmalar yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanında Küçükkuyu, Altınoluk, Güre, Akçay, Gömeç, Burhaniye, Ören, Pelitköy, Ayvalık, Sarımsaklı, Cunda, Küçükköy gibi önemli turizm merkezleri yer almaktadır (Şekil 1). Edremit Körfezinde karakteristik Akdeniz iklimi görülmektedir. Bu nedenle de Akdeniz iklimi ve bu iklim tipinin en karakteristik bitkilerinden biri olan zeytinin (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*)

Türkiye’de yayılış gösterdiği alanlardandır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre, Edremit meteoroloji istasyonu verileri dikkate alındığında, çalışma alanı kurak ve az nemli, üçüncü dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim tipine girmektedir [14]. Edremit Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) alınan veriler göre Edremit’te 11 yıllık sıcaklık ortalaması en yüksek Ağustos ayında 28,3 °C ve en düşük Ocak ayında 7.7 °C’dir. 11 yıllık sıcaklık ortalaması ise 17.7°C’dir. Yine MGM’den alınan verilere göre Edremit’te 11 yıllık ortalama yağış miktarı 64.2 mm’dir. Edremit’te aylık toplam yağışların yıl içindeki aylara dağılımı incelendiğinde Ocak ayından itibaren yağışın azaldığı, Eylül ayından itibaren yağışın arttığı gözlenmiştir. En fazla yağış Aralık ayında, en az yağış Temmuz ayında görülmektedir. En fazla yağışlı günler kış mevsiminde, en az yağış ise yaz mevsiminde görülmektedir [15].



Şekil 1. Çalışma alanının genel görüntüsü

Çalışmada Körfez bölgesi belediyelerinden alınan kent merkezlerinin hazır haritaları ve uydu fotoğraflarından yararlanılmıştır. Çalışma alanında örnek bahçeler seçilirken ilk parametre olarak, yapılaşma yoğunluğu (kent dokusu) dikkate alınmıştır. Yapılaşma yoğunluğu kent merkezinde daha fazla olmakla birlikte kent merkezinden uzaklaştıkça çok sayıda yazlık konut ve site alanlarına rastlanılmaktadır. Arazi çalışmaları 2017-2019 yılları arasında ve bitki türlerinin kolay teşhis edilebilmesi açısından Nisan - Ekim ayları arasındaki dönemlerde yapılmıştır.

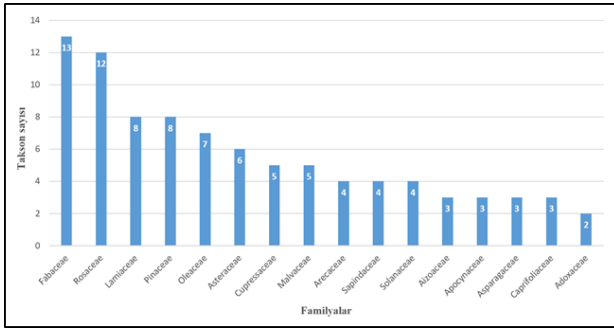
Alandaki bitkilerin teşhisi daha çok arazi çalışması esnasında yapılmıştır. Teşhis edilemeyen türlerden ise örnekler alınarak daha sonra teşhis edilmek üzere muhafaza edilmiştir. Bitkilerin teşhislerinde doğal ve egzotik bitkiler üzerine yapılmış çeşitli floristik eserlerden faydalanılmıştır [16-24]. Taksonların güncel bilimsel isimleri ve otör isimleri The Plant List’e [25] ve

ötör isimleri Brummit ve Powell (1992)'e göre düzenlenmiştir [26].

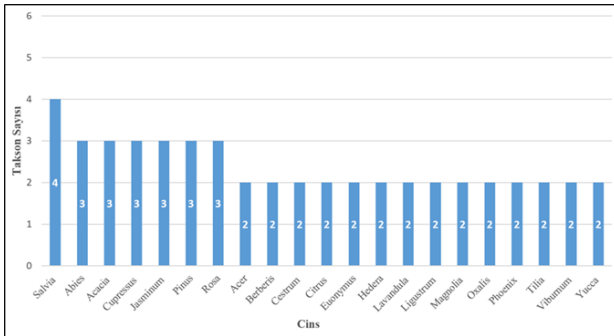
Genel analizler aşamasında bitki türlerinin peyzajda kullanım şekilleri (estetik ve görsellik, çit oluşturma, yüzey kaplama, gölgeleme, vurgu, doğallık vb.), çiçeklenme dönemleri, bulunma yoğunluğu, park ve konutlara göre dağılımı ve orijinleri belirlenmiştir. Çalışmalar esnasında tespit edilen bitki türleri arasından rastlanma oranı yüksek olan taksonların peyzajda kullanım şekilleri fotoğraflanmıştır.

3. BULGULAR

Araştırmalar sonucunda 63 familyaya ait 126 cins ve 155 taksonun peyzaj bitkisi olarak Edremit Körfezinde yetiştirildiği tespit edilmiştir (Tablo. 1). Familyaların %68' i tek bir taksonla temsil edilmektedir. En fazla takson içeren familyalar; Fabaceae (13 takson), Rosaceae (12 takson) ve 8 taksonla Lamiaceae ve Pinaceae gelmektedir (Şekil 2). En fazla taksona sahip cinsler ise; 4 taksonla *Salvia* olup bunu ve 3' er taksonla *Abies*, *Acacia*, *Cupressus*, *Jasminum*, *Pinus* ve *Rosa* takip etmektedir (Şekil 3).

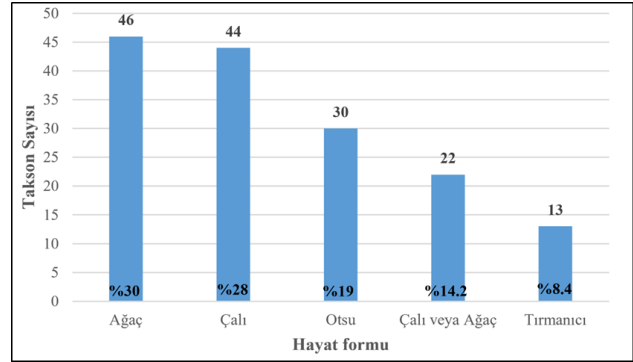


Şekil 2. En fazla taksona sahip familyalar



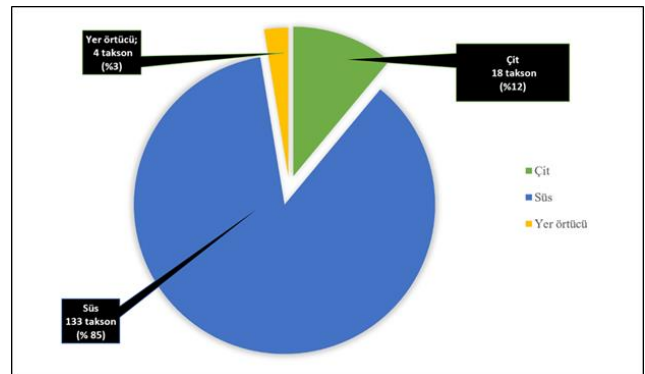
Şekil 3. En fazla takson içeren cinsler

Alanda tespit edilen bitkiler hayat formu üzerinden değerlendirildiğinde % 30 ağaç, % 28 çalı, % 19 otsu, % 14,2 çalı veya ağaçcık, % 8,4' ü ise tirmancı formda oldukları belirlenmiştir (Şekil. 4). Ülkemizin önemli bir turizm merkezi olan alanda vurgu, renk ve form gibi estetik özellikleri ile öne çıkan türlerin yoğun olarak peyzaj çalışmalarında (*Bougainvillea glabra* Choisy., *Citrus sinensis* (L.) Osbeck., *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Euonymus japonicus* Thunb., *Nerium oleander* L., *Pyracantha coccinea* M.Roem., *Rosmarinus officinalis* L., *Syringa vulgaris* L., *Tagetes erecta* L. *Yucca gloriosa* L.) kullanılmış olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Peyzaj bitkilerinin hayat formlarına göre dağılımı

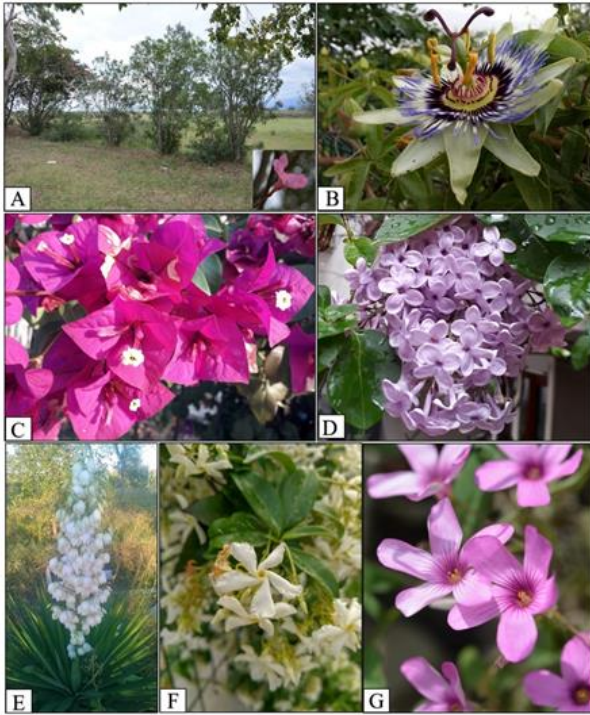
Turizm alanlarında bitkilerin vurgu, renk ve form gibi estetik özellikleri göz önünde bulundurularak yapılan peyzaj kullanımlarının yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 5).



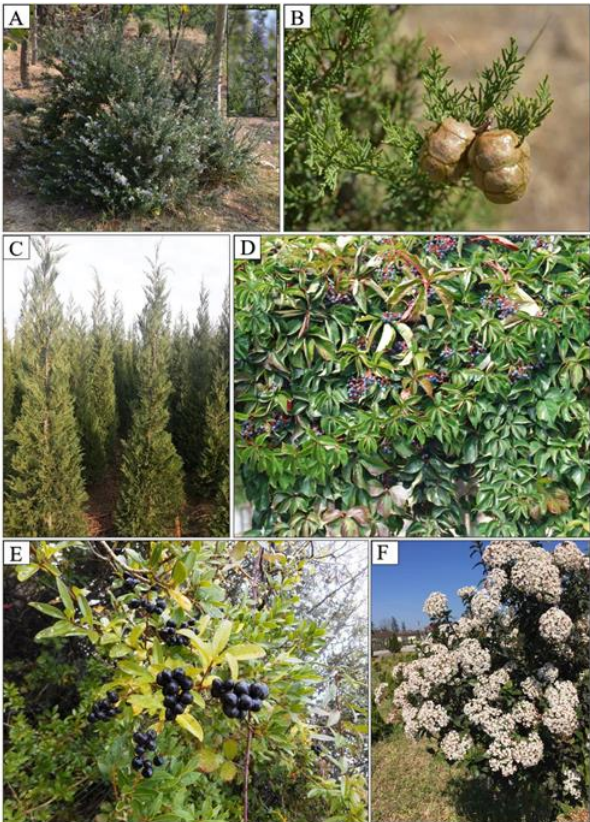
Şekil 5. Egzotik bitkilerin peyzajda kullanım amaçlarına göre dağılım grafiği

Ülkemizin önemli turizm alanlarından biri olan Edremit Körfezi'nde yapılan peyzaj çalışmalarında süs bitkilerinin yoğun olarak yetiştirildikleri görülmektedir (Şekil 6). Bununla beraber alandaki bitkilerin çit ve yer örtücü olarak kullanıldıkları tespit edilmiştir (Şekil 7). Bitki türlerinin orijinlerine bakıldığında tespit edilen bitkilerin ağırlıklı olarak egzotik bitki kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. Yerleşim merkezlerinde yer alan konut ve site bahçelerinde daha fazla egzotik türlerin kullanılmış olduğu görülmüştür

Araştırma alanında ayrıca *Salvia fruticosa* Mill., *Nerium oleander* L., *Laurus nobilis* L., *Rosa canina* L., *Cotoneaster horizontalis* Decne. ve *Hedera helix* L. vb. gibi bazı doğallaşmış bitki taksonları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Araştırma alanında kaydedilen bitki türleri sınıflandırılırken herdem yeşil ve yaprağını döken türler olarak ta bir sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre tespit edilen bitki taksonlarının 71'i herdem yeşil iken, 84 takson yaprak döken bitkiler kategorisindedir. Konut ve site alanlarında, herdem yeşil bitki türlerinin daha yoğun olarak tercih edildiği belirlenmiştir.



Şekil 6. Edremit Körfezi'nde süs olarak kullanımı yoğun olan türler: A) *Nerium oleander* B) *Passiflora coerulea* C) *Bougainvillea glabra* D) *Syringa vulgaris* E) *Yucca glariosa* F) *Trachelospermum jasminoides* G) *Oxalis articulata*



Şekil 7. Edremit Körfezi'nde çit olarak kullanımı yoğun olan türler: A) *Rosmarinus officinalis* B) *Cupressus sempervirens* C) *Cupressus x leylandii* D) *Parthenocissus quinquefolia* E) *Ligustrum vulgare* F) *Viburnum tinus*

Araştırma alanında bulunan parklarda genellikle egzotik formlar ağırlıklı olmak üzere çok sayıda bitki çeşidi bulunmaktadır. Park ve bahçelerde yoğun olarak tercih edilen bitki taksonları *Nerium oleander*, *Cotoneaster*

horizontalis, *Mirabilis jalapa*, *Tagetes erecta*, *Rosa* spp. *Ligustrum* spp. ve *Yucca* spp. şeklinde belirlenmiştir.

Turizm alanlarında yapılan peyzaj çalışmalarında ağırlıklı olarak egzotik bitkilerin kullanılması bazı alanlarda bölgenin doğal floral dokusuyla tezatlık oluşturmaktadır. Bazı alanlarda ise yapılan peyzaj çalışmalarında farklı türlerde çalı veya ağaç dikimi bitkisel tasarım kuralları göz ardı edilerek yapılmıştır.

4. SONUÇ

Edremit körfezi ülkemizin önemli turizm alanlarından biridir. Çalışma alanında yer alan turistik otel, yazlık site ve konut çevrelerinde çok sayıda bitki peyzaj amacı ile kullanılmaktadır. Genel duruma bakıldığında egzotik türlerin bulunma yoğunluğu dikkat çekmektedir. Yerleşim merkezlerinden çevre alanlara doğru ilerledikçe yerleşim alanları çevresinde tercih edilen bitki türleri de kısmen değişkenlik göstermektedir. Konut kullanıcılarının sosyo-ekonomik durumları, gelenek ve kültürel alışkanlıkları bu konuda belirleyici konumdadır. Sosyo-ekonomik düzeyin yüksek olduğu alanlarda bitkisel çeşitlilik ve estetik zenginlik artarken, Sosyo-ekonomik düzeyin kısmen düşük olduğu alanlarda çeşitlilik azalırken peyzaj çalışmalarında daha çok bakım masrafları düşük olan herdem yeşil bitki formlarının çokça tercih edildiği görülmüştür. Daha önce yapılan birçok saha çalışmasına göre bitki çeşitliliği ve ekonomik refah arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur [27]. Tarihi kayıtlara göre, insan aktivitesinin olduğu alan içine giren bitki türleri kent alanlarında kendini çoğaltmaya, yayılmaya başlamaktadır. Kent flora ve vejetasyonundaki bu değişimler, doğal türlerin yok olması ve doğal olmayan türlerin doğallaşması eğilimi ile sonuçlanır [28]. *Ficus carica*, *Cotinus coggygria*, *Salvia fruticosa*, *Nerium oleander*, *Laurus nobilis*, *Rosa canina*, *Cotoneaster horizontalis* ve *Hedera helix* vb. çalışma alanında doğallaşmış bitki taksonlarına örnek olarak verilebilir.

Alanda mevsimsel olarak değişkenlik gösteren büyük bir nüfus yaşamaktadır. Çalışma alanında çok sayıda turistik otel, yazlık site ve konut yer almaktadır. Alanda hızlı nüfus artışı ve yapılaşma yoğunluğu yeşil alanlar üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Peyzaj çalışmalarının bölgenin doğal floral yapısı, bitkisel tasarım ve estetik kaygılar göz önünde bulundurularak yapılması, yerleşim alanlarının geleceği ve kentsel estetik için büyük bir önem taşımaktadır.

Tüm bu çalışma ve tespitler göstermiştir ki; yerleşim alanlarında yer alan park alanları, turistik alanlar, konut ve sitelerde bitki tür çeşitliliği oldukça fazladır. Edremit Körfezi ve çevresinde elde edilen sonuçlara göre konut ve site bahçelerinde kullanılan bitki türleri peyzajda kullanım özelliklerine göre tercih edilmektedirler. Özellikle görsel ve estetik özellikler başta olmak üzere bitkilerin fonksiyonel ve ekolojik özellikleri bu konuda ön plana çıkmaktadır. Bitki tür çeşitliliğine dair yapılan araştırmaların kentsel alanlar ve kentsel ekosistemler üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Böylece her kentin

kendine ait mevcut tür zenginliği ve bu bölgelere uyum sağlayabilen doğal türleri tespit edilebilir.

Turistik yerleşim alanlarında kullanılan bitkilerin peyzajda kullanım çeşitliliğinin belirlenmesi bu alanlarda yapılacak bitkilendirme çalışmalarına yön verebilir. Ayrıca yaratıcı tasarımlarla, mevcut doğal floral kaynaklardan daha iyi yararlanılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kılıç Ö. Bingöl'de Süs Bitkisi Olarak Kullanılabilme Potansiyeli Olan Bazı Doğal Bitkiler. *Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi*, 2018.
- [2] Güçlü K. Erzurum'da kültürel çevrenin güzelleştirilmesinde kullanılabilecek süs ağaç ve ağaççıklarının yetiştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 25, 461-468, 1994.
- [3] Beckett K P, Freer-Smith P B, Taylor G. Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environ. Pollut.*, 99, 347-360, 1998
- [4] Akbari R, Pomerantz M, Taha H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol. Energy*, 70(3), 295-310, 2001.
- [5] Booth K N. *Basic Elements of Landscape Architectural Design*. Waveland Press, Illinois, 1990.
- [6] Ekici B, Sarıbaş M. Bartın kenti peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bitki materyalleri üzerine bir araştırma. *ZKÜ Bartın Orman Fak. Dergisi*, 8(9), 1-9, 2006.
- [7] Konaklı N, Önder S. Arboretum kavramı ve Selçuk Üniversitesi, Kampus Alanı İçin Arboretum Oluşturulması Üzerine Bir Araştırma, *Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19: 16-29, 2005.
- [8] Smardon, R C. *Perception Aesthetics of the Urban Environment: Review of the Role of Vegetation, Landscape and Urban Planning*, Elsevier Science Publication, B.V., Amsterdam, 105-120, 1990.
- [9] Darkot B, Tuncel M. "Ege Bölgesi Coğrafyası", *Edebiyat Fakültesi Matbaası. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)*, 1995.
- [10] Polat R, Selvi S. Edible macrofungi of Edremit Gulf (Balıkesir) in Turkey, *African Journal of Biotechnology*, 2011,10(51): 10431-10436.
- [11] Yenigökçe Ö. Edremit Körfezi'nde yer alan ilçelerin nüfus değişimi. *Yüksekisans Tezi. Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya A.B.D*, 2019, Çanakkale
- [12] Anşın R, Terzioğlu S. Doğu Karadeniz Bölgesinin Özellikle Trabzon Yöresinin Egzotik Ağaç ve Çalıları. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Genel Yayın No: 192, Orman Fakültesi Yayın No: 29, Trabzon*, s. 131, 1998.
- [13] Dutkuner İ, Atken M. Kahramanmaraş'ta kent içi park ve ağaçlandırmalarda kullanılabilecek ağaç taksonları. *Fen Müh., Derg*, 3(2), 28-35, 2000.
- [14] Tağıl Ş. Edremit Körfezi'nin Kuzey Sahil Bölgesinde Peyzaj Paterni ve Arazi Örtüsünün Zamansal ve Mekânsal Değişimi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2014, 17(31):1-16.
- [15] Anonim. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü Balıkesir Edremit Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü, 2019.
- [16] Gemici Y, Seçmen Ö, Acar İ, Görk G, Özel N. *Kültürpark' ın (İzmir) ağaç ve çalı türleri*. İzmir Fuarcılık AŞ Yayınları, İzmir, 1992.
- [17] Taverne, Y. *Garden shrubs, flowers & plants*. Magna Books, England, 1995, 75p.
- [18] Ceylan G. *Dış mekân süs bitkileri ve peyzajda kullanımları*. Flora Yayınları, İstanbul, 2004, 216s.
- [19] Foulis, L., & co-authors (Editors). *Botanica, The illustrated A-Z of over 10,000 garden plants and how to cultivate them*. h.f. Ullmann publishing GmbH, Germany, 2004, 1020p.
- [20] Tuzlacı E. *Türkiye' nin bahçe bitkileri ve kent çiçekleri*. Türkiye İş bankası Kültür yayınları, 2010, No:11213, İstanbul.
- [21] Yücel E. *Çiçekler ve yerörtücüler*. Türmatsan Organize Matbaacılık San. Ltd. Şti. Eskişehir, 2012a, 352s.
- [22] Yücel E. *Ağaçlar ve çalılar I*. Türmatsan Organize Matbaacılık San. Ltd. Şti. Eskişehir, 2012b, 277s.
- [23] Akkemik Ü. (Editör). *Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları I, Gymnospermler-Angiospermler (A-G)*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2014a, 736s.
- [24] Akkemik Ü. (Editör). *Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları II, Angiospermler (H-Z)*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2014b, 680s.
- [25] Anonymous. *The plant list. A working list of a plant species*. [Online]. Available: May 2020, <http://www.theplantlist.org>.
- [26] Brummitt, R. K, Powell C. E. *Authors of Plant Names*, Royal Botanic Gardens, Kew, 1992.
- [27] Nelson A L, Schwirian K P, Schwirian P M. *Social and economic distress in large cities, 1970- 1990: a test of the urban crisis thesis*. *Social Science Research*, 1998, 27 , 410-431.
- [28] Sukkop H (ed), *Urban Ecology: Plants and Plant Communities in Urban Environments*, SPB Publishing, The Hague, 2004, 45-74.

Tablo 1. Edremit Körfezi'nde tespit edilen peyzaj bitkileri listesi.

No	Bilimsel Adı	Familyası	Yöresel İsimleri	Kökeni	Çiçeklenme Dönemi	Peyzajda Amacı (Süs/Estetik, Çit, Yer örtücü, Koku, vb.??)	Kullanım	Formu	Herdem durumu	Yeşil
1	<i>Abelia grandifolia</i> Villarreal	Caprifoliaceae	Abelya	Doğu Asya, Meksika	Mayıs-Kasım	Çit, Kokulu		Çalı	Herdem yeşil	
2	<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	Pinaceae	Mavi göknar	Amerika, Meksika	-	Süs		Ağaç	Herdem yeşil	
3	<i>Abies koreana</i> E.H.Wilson	Pinaceae	Kore Göknarı	Güney Kore	-	Süs		Ağaç	Herdem yeşil	
4	<i>Abies pinsapo</i> Boiss.	Pinaceae	İspanyol Göknarı	Güney İspanya	-	Süs		Ağaç	Herdem yeşil	
5	<i>Abutilon × hybridum</i> Voss	Malvaceae	Çin lanterni	Amerika, Avustralya, Afrika	Nisan-Eylül	Süs		Çalı	Değil	
6	<i>Acacia dealbata</i> Link	Fabaceae	Akasya	Tazmanya, Avustralya	Mart-Nisan	Süs		Ağaç	Herdem yeşil	
7	<i>Acacia saligna</i> (Labill.) Wendl.	Fabaceae	Akasya	Batı Avustralya	Mart-Haziran	Süs		Ağaç	Herdem yeşil	
8	<i>Acacia retinodes</i> Schldtl.	Fabaceae	İzmir Akasyası	Doğu Avustralya	Ağustos-Ekim	Süs		Çalı ve ya Ağaç	Herdem yeşil	
9	<i>Acer negundo</i> L.	Sapindaceae	İsfeandan	Kuzey Amerika	-	Süs		Ağaç	Değil	
10	<i>Acer palmatum</i> Thunb.	Sapindaceae	Japon akçaağacı	Japon, Kore, Çin	-	Süs		Ağaç	Değil	
11	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Sapindaceae	At kestanesi	Kuzey Amerika	Nisan-Mayıs	Süs		Ağaç	Değil	
12	<i>Agapanthus praecox</i> subsp. <i>orientalis</i> Leight.	Willd. Amaryllidaceae	Agapanthus	Güney Afrika	Temmuz-Eylül	Süs		Otsu	Herdem yeşil	
13	<i>Agave americana</i> L.	Asparagaceae	Agav	Kuzeydoğu Meksika	10-20 yılda birkez	Süs		Otsu	Herdem yeşil	
14	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.	Asteraceae	Vapur dumanı	Orta Amerika, Hindistan	Batı Haziran-Kasım	Süs		Otsu	Değil	
15	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Simaroubaceae	Kokar ağaç	Çin	Mayıs-Haziran	Süs		Ağaç	Değil	
16	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Fabaceae	Gülberişim	Japonya, Batı Asya	Mayıs-Ağustos	Süs		Ağaç	Değil	
17	<i>Aloe arborescens</i> Mill.	Xanthorrhoeaceae	Testere kaktüs	Güney Afrika	Temmuz-Eylül	Süs		Çalı	Herdem yeşil	
18	<i>Berberis thunbergii</i> DC.	Berberidaceae	Berberis Kadın tuzluğu	Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika	Nisan - Mayıs	Süs		Çalı	Herdem yeşil	
19	<i>Berberis aquifolium</i> Pursh	Berberidaceae	Mahonya	Kuzey Amerika	Mart-Mayıs	Süs		Çalı	Herdem yeşil	
20	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Nyctaginaceae	Begonvil	Brazilya	Mart-Aralık	süs		Çalı	Herdem yeşil	
21	<i>Brachychiton populneus</i> (Schott & Endl.) R.Br.	Malvaceae	Yalancı kavak	Avustralya ve Güneydoğu Asya	Mayıs-Haziran	Süs		Ağaç	Değil	
22	<i>Brugmansia suaveolens</i> Bercht. & J.Presl	Solanaceae	Boru çiçeği	Güneydoğu Brezilya	Haziran-Ekim	Süs		Çalı ve ya Ağaç	Değil	
23	<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Scrophulariaceae	Kelebek çalısı	Orta ve Batı Çin	Mayıs-Kasım	Süs		Çalı	Değil	
24	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Buxaceae	Şimşir	İngiliz adaları	Ocak-Nisan	Süs		Çalı	Herdem yeşil	
25	<i>Caesalpinia gilliesii</i> (Hook.) D.Dietr.	Fabaceae	Cennet çiçeği	Arjantin ve Uruguay	Haziran-Eylül	Süs		Çalı ve ya Ağaç	Değil	
26	<i>Callistemon linearis</i> (Schrud.) Colv. ex Sweet	Myrtaceae	Fırça çalısı	Doğu Avustralya	Mayıs-Ağustos	Süs		Çalı	Herdem yeşil	
27	<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	Bignoniaceae	Acem borusu	Güneydoğu Amerika	Mayıs-Ekim	Süs		Tırmanıcı	Değil	

28	<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	Tesbih çiçeği, Kanna	Amerika	Mayıs-Eylül	Süs	Otsu	Değil
29	<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L.Bolus	Aizoaceae	Makasotu	Güney Afrika	Mayıs-Haziran	Yer örtücü	Otsu	Değil
30	<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	Bignoniaceae	Katalpa	Güneydoğu Amerika	Mayıs-Temmuz	Süs	Ağaç	Değil
31	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.Don	Apocynaceae	Pervane çiçeği	Madagaskar	Mayıs-Kasım	Süs	Çalimsı	Herdem yeşil
32	<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	Pinaceae	Sedir	Lübnan	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
33	<i>Celosia argentea</i> L.	Amaryllidaceae	Horoz ibiği	Asya, Afrika, Amerika	Mayıs-Eylül	Süs	Otsu	Değil
34	<i>Centranthus ruber</i> (L.) DC.	Caprifoliaceae	Mahmuz çiçeği	Avrupa, Kuzey Afrika, Batı Asya	Nisan-Ağustos	Süs	Otsu	Değil
35	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Fabaceae	Erguvan	Güney ve Orta Avrupa	Nisan-Mayıs	Süs	Çalı ve Ağaç	Değil
36	<i>Cestrum elegans</i> (Brongn. ex Neumann) Schtdl.	Solanaceae	Sestrum	Meksika	Mayıs-Aralık	Süs	Çalı	Herdem yeşil
37	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Solanaceae	Melisa, Parfüm çalısı	Meksika, Orta Amerika	Mayıs-Temmuz	Süs	Çalı	Herdem yeşil
38	<i>Chaenomeles speciosa</i> (Sweet) Nakai	Rosaceae	Japon ayvası	Doğu Asya	Mart-Mayıs	Süs	Çalı	Değil
39	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A.Murray bis) Parl.	Cupressaceae	Yalancı Selvi	Kuzetbatı Amerika	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
40	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Limon	Güneydoğu Asya	Ocak-Aralık	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
41	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Portakal	Güneydoğu Asya	Kasım-Mayıs	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
42	<i>Clerodendrum bungei</i> Steud.	Lamiaceae	Klerodendrum	Çin	Temmuz-Eylül	Süs	Çalı	Değil
43	<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	Asteraceae	Kozmoz	Kuzey, Orta ve Güney Amerika	Haziran-Eylül	Süs	Otsu	Değil
44	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	Anacardiaceae	Duman ağacı	Asya, Avrupa	Mayıs-Temmuz	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
45	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Rosaceae	Dağ muşmulası	Avrupa, Güney Afrika ve Asya	Nisan-Mayıs	Çit	Çalı	Herdem yeşil
46	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cupressaceae	Servi	Doğu Akdeniz, Kuzey İran	-	Çit	Ağaç	Herdem yeşil
47	<i>Cupressus × leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim.	Cupressaceae	Alaca melez servi	Kuzey İrlanda	-	Çit	Ağaç	Herdem yeşil
48	<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Cupressaceae	Amerikan servisi	Amerika	-	Çit	Ağaç	Herdem yeşil
49	<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Cycadaceae	Sikas, Yalancı palmiye	Güney Japonya	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
50	<i>Cyperus alternifolius</i> L.	Cyperaceae	Japon şemşiyesi	Doğu Afrika	-	Çit	Otsu	Herdem yeşil
51	<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Asteraceae	Yıldız	Meksika, Orta Amerika	Haziran-Kasım	süs	Otsu	Değil
52	<i>Dianthus chinensis</i> L.	Caryophyllaceae	Çin karanfili	Çin	Mayıs-Temmuz	Süs	Otsu	Değil
53	<i>Drosanthemum hispidum</i> (L.) Schwantes	Aizoaceae	Tüylü halı çiçeği	Güney Afrika	Nisan-Temmuz	Yer örtücü	Otsu	Değil
54	<i>Duranta erecta</i> L.	Verbenaceae	Duranta, mavisalkım	Güney Amerika	Temmuz-Eylül	Süs	Çalı	Değil
55	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Eleagnaceae	İğde	Asya	Nisan-Haziran	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
56	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Rosaceae	Yeni dünya	Doğu Asya (Çin, Japonya, Tayvand)	Ekim-Ocak	Süs	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil

57	<i>Erysimum × cheiri</i> (L.) Crantz	Brassicaceae	Şebboy	Güney Avrupa	Mart-Ağustos	Süs	Otsu	Değil
58	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	Sıtma ağacı, Okaliptus	Avustralya	Nisan-Haziran	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
59	<i>Euonymus fortunei</i> (Turcz.) Hand.-Mazz.	Celastraceae	Sürünücü taflan	Çin	Nisan-Haziran	Çit	Tırmanıcı	Herdem yeşil
60	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	Celastraceae	Japon papaz külahı, taflan	Japonya	Mayıs-Ağustos	Çit	Çalı	Herdem yeşil
61	<i>Euphorbia ingens</i> E.Mey. ex Boiss.	Euphorbiaceae	Ağaç kaktüs	Güney Afrika	Şubat-Nisan	Süs	Otsu (sukkulent)	Değil
62	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	İncir	Türkiye, Batı Asya	-	Süs, Gıda	Çalı veya Ağaç	Değil
63	<i>Forsythia × intermedia</i> Zabel	Oleaceae	Altınçanak, Altınçan	Kuzey İrlanda	Mart-Mayıs	Süs	Çalı	Değil
64	<i>Gaura lindheimeri</i> Engelm. & A.Gray	Onagraceae	Gaura	Amerika, Meksika	Mayıs-Haziran	Süs	Çalı	Değil
65	<i>Gazania rigens</i> (L.) Gaertn.	Asteraceae	Gazanya	Güney Afrika	Nisan-Kasım	Süs	Otsu	Değil
66	<i>Ginkgo biloba</i> L.	Ginkgoaceae	Ginko, Japon eriği	Çin	-	Süs	Ağaç	Değil
67	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	Fabaceae	Glediçya, Yalancı keçiboyunu	Orta ve Doğu Amerika	Nisan-Haziran	Süs	Ağaç	Değil
68	<i>Grevillea rosmarinifolia</i> A.Cunn.	Proteaceae	Çalı grevillea, fırça çalısı	Güneydoğu Avustralya	Ağustos-Eylül	Süs	Çalı	Herdem yeşil
69	<i>Hedera helix</i> L.	Araliaceae	Duvar sarmaşığı	Avrupa, Batı Asya	-	Süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
70	<i>Hedera colchica</i> (K.Koch) K.Koch	Araliaceae	Duvar sarmaşığı	Orta Doğu	-	süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
71	<i>Hibiscus mutabilis</i> L.	Malvaceae	Çin gülü, Japon gülü	Çin	Haziran-Aralık	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
72	<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	Hydrangeaceae	Ortanca çiçeği	Japonya	Mayıs-Kasım	Süs	Çalı	Değil
73	<i>Ilex aquifolium</i> L.	Aquifoliaceae	Çobanpüskülü	Avrupa, Kuzey Afrika, Batı Asya	Mayıs-Haziran	Süs	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
74	<i>Impatiens balsamina</i> L.	Balsaminaceae	Camgüzel, gelinmumu	Hindistan, Güney Asya	Haziran-Eylül	Süs	Otsu	Değil
75	<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	Convolvulaceae	Yıldız çadırı	Kuzey ve Doğu Avustralya	Haziran-Ekim	Süs	Otsu	Değil
76	<i>Jasminum polyanthum</i> Franch.	Oleaceae	Kokulu yasemin, Yasemin	Çin	Şubat-Ağustos	Süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
77	<i>Jasminum mesnyi</i> Hance	Oleaceae	Yasemin	Çin	Mart-Haziran	Süs	Çalı	Herdem yeşil
78	<i>Jasminum officinale</i> L.	Oleaceae	Kokulu yasemin, Yasemin	Çin	Mayıs-Kasım	Süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
79	<i>Kerria japonica</i> (L.) DC.	Rosaceae	Kanarya gülü, Kerya	Çin, Japonya	Mart-Ağustos	Süs	Çalı	Değil
80	<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	Sapindaceae	Güveyfeneri	Çin, Kore	Haziran-Ağustos	Süs	Ağaç	Değil
81	<i>Lablab purpureus</i> (L.) Sweet	Fabaceae	Selluka	Tropikal Afrika	Haziran-Ocak	Süs	Otsu	Değil
82	<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	Fabaceae	Sarisalkım	Orta ve Güney Avrupa	Nisan-Mayıs	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
83	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Lythraceae	Oya çiçeği	Çin	Mayıs-Ekim	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
84	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	Mine çiçeği	Güney Afrika	Mayıs-Aralık	Süs	Çalı	Herdem yeşil
85	<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Defne	Kuzey Afrika, Batı Asya,	Mart-Mayıs	Süs	Çalı veya	Herdem yeşil

				Güney Avrupa				Ağaç
86	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Lamiaceae	Lavanta	İngiltere	Haziran-Ekim	Süs	Çalı	Herdem yeşil
87	<i>Lavandula dentata</i> L.	Lamiaceae	Lavanta	Akdeniz ve Atlanta adaları	Haziran-Eylül	Çit	Çalı	Herdem yeşil
88	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Oleaceae	Adi kurtbağrı	Avrupa, Kuzey Afrika, Asya	Mayıs-Haziran	Çit	Çalı	Herdem yeşil
89	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Oleaceae	Kurtbağrı, Ligustrum	Asya	Mayıs-Ağustos	Çit	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
90	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Altingiaceae	Amber ağacı, günlük ağacı	Doğu Amerika, Meksika	-	Süs	Ağaç	Değil
91	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	Caprifoliaceae	Hanımeli	İngiltere	Mayıs-Eylül	Süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
92	<i>Lycianthes rantonnei</i> (Carrière) Bitter	Solanaceae	Moryıldız çalısı	Paraguay	Temmuz-Nisan	Süs	Çalı	Herdem yeşil
93	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnoliaceae	Manolya	Güney Amerika	Mayıs-Ağustos	Süs	Ağaç	Değil
94	<i>Magnolia liliiflora</i> Desr.	Magnoliaceae	Manolya	Çin	Mayıs-Ağustos	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
95	<i>Malus floribunda</i> Siebold ex Van Houtte	Rosaceae	Süs elması	Japonya	Nisan-Mayıs	Süs	Ağaç	Değil
96	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Tesbih ağacı	Irak, Japonya, Avustralya	Mayıs-Temmuz	Süs	Ağaç	Değil
97	<i>Mesembryanthemum cordifolium</i> L.f.	Aizoaceae	Buz çiçeği	Güney Afrika	Nisan-Haziran	Süs	Otsu	Değil
98	<i>Mespilus germanica</i> L.	Rosaceae	Döngel, Muşmula	Avrupa, Güneybatı Asya	Mayıs-Haziran	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
99	<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae	Akşamsefası, Gecesevası	Orta ve Güney Amerika	Haziran-Kasım	Süs	Otsu	Değil
100	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	Kudret narı	Asya, Afrika	Temmuz-Ağustos	Süs	Tırmanıcı	Değil
101	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	Dut	Çin, Japonya	-	Süs	Ağaç	Değil
102	<i>Musa × paradisiaca</i> L.	Musaceae	Muz	Tropikal Afrika	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
103	<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Zakkum	Kuzey Afrika	Nisan-Eylül	Süs	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
104	<i>Oenothera biennis</i> L.	Onagraceae	Ezan çiçeği	Kuzey ve Güney Amerika	Mayıs-Eylül	Süs	Otsu	Değil
105	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Kaynanadili	Meksika	Nisan-Temmuz	Süs	Otsu (Sukkulent)	Değil
106	<i>Oxalis articulata</i> Savigny	Oxalidaceae	Ekşiot	Paraguay	Mart-Ekim	Süs	Otsu	Değil
107	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Oxalidaceae	Ekşiyonca	Güney Afrika	Kasım-Mayıs	Süs	Otsu	Değil
108	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Vitaceae	Amerikan sarmaşığı	Kuzey Amerika	-	Çit	Tırmanıcı	Değil
109	<i>Passiflora caerulea</i> L.	Passifloraceae	Çarkifelek	Güney Amerika	Haziran-Kasım	Süs	Tırmanıcı	Değil
110	<i>Paulownia tomentosa</i> Steud.	Paulownaceae	Pavlonya	Doğu Asya	Nisan-Haziran	Süs	Ağaç	Değil
111	<i>Philadelphus coronarius</i> L.	Hydrangeaceae	Filbahri	Güney Avrupa	Nisan-Haziran	Süs	Çalı	Değil
112	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	Arecaceae	Föniks, Hurma	Kanarya Adaları	Mart-Nisan	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
113	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Hurma	Kuzey Afrika	Mart-Nisan	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
114	<i>Picea pungens</i> Engelm.	Pinaceae	Ladin, Mavi ladin	Amerika	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil

115	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pinaceae	Sahilçamı, Çam	Akdeniz Bölgesi	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
116	<i>Pinus strobus</i> L.	Pinaceae	Çam, Veymut çamı	Kuzey Amerika	-	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
117	<i>Pinus wallichiana</i> A.B.Jacks.	Pinaceae	Ağlayan çam	Afganistan, Hindistan, Tibet	Pakistan, -	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
118	<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T.Aiton	Pittosporaceae	Taflan	Japonya, Çin	Mayıs-Ağustos	Çit	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
119	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Cupressaceae	Doğu Mazısı	Çin, Kore	-	Çit	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
120	<i>Plumbago auriculata</i> Lam.	Plumbaginaceae	Mavi Yasemin	Güney Afrika	Ocak-Haziran	Süs	Çalı	Değil
121	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Rosaceae	Karayemiş, Taflan	Kuzey Amerika	Nisan-Mayıs	Süs	Çalı veya Ağaç	Herdem yeşil
122	<i>Punica granatum</i> L.	Lythraceae	Süs narı	Akdeniz Bölgesi, Güney Asya	Mayıs-Ağustos	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
123	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	Rosaceae	Ateş dikenli	Güneydoğu Avrupa	Nisan-Haziran	Süs	Çalı	Herdem yeşil
124	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	Hint yağı	Kuzeydoğu Afrika	Haziran-Ekim	Süs	Otsu	Değil
125	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Fabaceae	Akasya, Yalancı Akasya	Doğu ve Orta İngiltere	Nisan-Haziran	Süs	Ağaç	Değil
126	<i>Rosa banksiae</i> R.Br.	Rosaceae	Gül, Misket gülü, Sakız gülü	Orta, Batı Çin	Nisan-Mayıs	Süs	Çalı	Değil
127	<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	İt gülü, kuşburnu, yaban gülü	Avrupa, Kuzey Afrika, Batı Asya	Mayıs-Temmuz	Süs	Çalı	Değil
128	<i>Rosa chinensis</i> Jacq.	Rosaceae	Gül, Yediveren gülü	Güneybatı Çin	Mart-Şubat	Süs	Çalı	Değil
129	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	Biberiye, Kuşdili	Akdeniz Bölgesi	Haziran-Şubat	Çit	Çalı	Herdem yeşil
130	<i>Russelia equisetiformis</i> Schldtl. & Cham.	Plantaginaceae	Mercançalısı, Ruzelya	Meksika, Küba, Kolombiya	Haziran-Aralık	süs	Çalı	Değil
131	<i>Salix babylonica</i> L.	Salicaceae	Salkım söğüt	Çin	-	süs	Ağaç	Değil
132	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	Lamiaceae	Süs adaçayı	Kuzeydoğu Meksika	Haziran-Ağustos	Süs	Çalı	Herdem yeşil
133	<i>Salvia splendens</i> Sellow ex Schult.	Lamiaceae	Ateş çiçeği	Brezilya	Mayıs-Eylül	Süs	Otsu	Değil
134	<i>Salvia fruticosa</i> Mill.	Lamiaceae	Adaçayı, elma çalısı	Türkiye, Yunanistan	Mart-Temmuz	Süs	Çalı	Değil
135	<i>Salvia officinalis</i> L.	Lamiaceae	Adaçayı, adaçayı	İspanya, Balkanlar, Kuzey Afrika	Haziran-Temmuz	Süs	Çalı	Değil
136	<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.	Asteraceae	Lavantin, Santolina	Akdeniz Bölgesi	Haziran-Ağustos	Süs	Çalı	Herdem yeşil
137	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	Yalancı Karabiber	Güney Amerika	Nisan-Haziran	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
138	<i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	Sinameki	Amerika, Uruguay, Arjantin	Ağustos-Ekim	Süs	Çalı	Herdem yeşil
139	<i>Spiraea × vanhouttei</i> (Briot) Zabel	Rosaceae	Bahçe İspiryası	Avrupa, Asya, Amerika, Meksika	Kuzey Nisan-Temmuz	Süs	Çalı	Değil
140	<i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott	Fabaceae	Sofora	Çin	Temmuz-Ağustos	Süs	Ağaç	Değil
141	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Oleaceae	Leylak	Güneydoğu Avrupa	Mart-Haziran	Süs	Çalı veya Ağaç	Değil
142	<i>Tagetes erecta</i> L.	Asteraceae	Kadife çiçeği	Meksika, Guatemala	Mayıs-Eylül	Süs	Otsu	Değil
143	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Malvaceae	Ihlamur	Avrupa	Mayıs-Haziran	Süs	Ağaç	Değil

144	<i>Tilia tomentosa</i> Moench	Malvaceae	Ihlamur	Güneydoğu Avrupa	Mayıs-Haziran	Süs	Ağaç	Değil
145	<i>Trachelospermum jasminoides</i> (Lindl.) Lem.	Apocynaceae	Kokulu pervane çiçeği	Doğu ve Güneydoğu Asya	Mayıs-Ağustos	Süs	Tırmanıcı	Herdem yeşil
146	<i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H.Wendl.	Arecaceae	Palmiye	Japonya	Mayıs-Haziran	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
147	<i>Viburnum opulus</i> L.	Adoxaceae	Kartopu	Avrupa, Luzey Afrika	Nisan-Ağustos	Çit	Çalı	Değil
148	<i>Viburnum tinus</i> L.	Adoxaceae	Defne yapraklı Kartopu	Akdeniz	Ocak-Haziran	Çit	Çalı	Herdem yeşil
149	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae	Asma	Akdeniz	-	Süs	Tırmanıcı	Değil
150	<i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H.Wendl. ex de Bary	Arecaceae	Yelpaze palmiye yapraklı	Kalifornia	Haziran-Ağustos	Süs	Ağaç	Herdem yeşil
151	<i>Wisteria sinensis</i> (Sims) Sweet	Fabaceae	Morsalkım	Çin	Nisan-Eylül	Süs	Tırmanıcı	Değil
152	<i>Yucca filamentosa</i> L.	Asparagaceae	Avize ağacı	İngiltere	Haziran-Temmuz	Süs	Otsu	Herdem yeşil
153	<i>Yucca gloriosa</i> L.	Asparagaceae	Avize ağacı	İngiltere	Mayıs-Kasım	Süs	Otsu	Herdem yeşil
154	<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	Araceae	Kala	Güney Afrika	Nisan-Temmuz	Süs	Otsu	Herdem yeşil
155	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	Rhamnaceae	Hünnap	Çin	Mayıs-Ağustos	süs	Ağaç	Değil



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

www.dergipark.gov.tr/tdfd



Farklı Kökenli Gübre Form ve Dozlarının Soya Fasulyesinin (*Glycine max.* (L.) Merrill) Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Ali Rahmi KAYA^{1*}, Hatice Kübra ERDÖNMEZ¹

¹ Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Ali Rahmi KAYA ORCID No: 0000-0003-0318-6034

Hatice Kübra ERDÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-4904-7638

*Sorumlu yazar: alirahmikaya@ksu.edu.tr

(Alınış: 01.05.2020, Kabul: 19.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
Çimlenme,
Gübre dozu,
Gübre formu,
Soya fasulyesi (*Glycine max.* (L.) Merrill),
Tohum,
Fide vigor indeksi

Öz: Bu çalışmada, farklı kökenli gübre form ve dozlarının soya fasulyesi (*Glycine max* L. Merrill) tohumunun çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmada 6 dozda 4 gübre formunun kullanıldığı deneme, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Endüstri Bitkileri Laboratuvarı'nın iklim dolabında (25 ± 2 °C) yürütülmüştür. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Tohumların 14 günlük gelişim süreci gözlemlenmiş ve çimlenme oranı, çimlenme indeksi, radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, fide uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı, plumula kuru ağırlığı, fide kuru ağırlığı, fide vigor indeksi ve çimlenen tohum sayısı gibi çeşitli özellikler ölçülmüştür. Çalışma sonunda, gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonlarına ait ortalamalar arasında çok önemli farklılıklar bulunmuştur. Araştırmada farklı gübre formlarının; soya fasulyesinin çimlenme ve fide gelişimine ait parametreleri istatistiksel olarak önemli derecede etkilediği görülmüştür. Organik gübre formlarından OG; PU, FU, RYA, PYA, FYA, RKU, PKA ve FKA gibi incelenen özelliklerde en yüksek bulunurken, KG1 formu; Çİ hariç incelenen tüm özelliklerde en düşük bulunmuştur. İncelenen tüm özelliklerde Çİ hariç en yüksek değeri GD3 vermiştir. Yine, gübre dozları ile ilgili incelenen tüm özelliklerde RYA hariç en düşük değeri GD6 vermiştir. Çimlendirme çalışmalarında sıvı solucan gübresi teşvik edici olarak önerilirken, fide gelişiminde deniz yosunu gübresi teşvik edici olarak önerilmektedir.

Effect of Different Fertilizer Forms and Doses on Seed Germination and Seedling Development of Soybean (*Glycine max.* (L.) Merrill)

Keywords
Germination,
Fertilizer doses,
Fertiliser forms,
Soybean (*Glycine max.* (L.) Merrill),
Seed,
Seedling vigor index

Abstract: In this study, the effects of different fertilizer forms and doses on germination and seedling growth of soybean (*Glycine max* L. Merrill) seed was investigated. In the study, which used 4 fertilizer forms in 6 doses, was carried out in the climate cabinet (25 ± 2 °C) of Kahramanmaraş Sütçü İmam University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops Industrial Plants Laboratory. The study was carried out according to the Completely Randomized experimental Design (CRD) with three replications. The 14-day development period of the seeds was observed and various characteristics such as germination rate, radicle length, plumule length, seedling length, radicle fresh weight, plumule fresh weight, seedling fresh weight, radicle dry weight, plumule dry weight, seedling dry weight, seedling vigor index and germinated seed number were measured. At the end of the study; the difference between fertilizer forms, fertilizer doses and fertilizer x dose interaction averages were found very important. OG1 form, which is one of the organic fertilizer forms, is found highest in the examined characters such as PU, FU, RYA, PYA, FYA, RKU, PKA and FKA, while KG1 form is the lowest in all the examined properties, except Çİ. In all the characters examined, GD3 gave the highest value except Çİ. Again, GD6 gave the lowest value excluding RYA in all examined characters regarding fertilizer doses. While liquid worm manure is recommended as a promoter in germination studies, seaweed manure is recommended as a promoter in seedling development.

1. GİRİŞ

Baklagiller familyasından olan soya fasulyesinin (*Glycine max* L. Merrill) yazlık ve tek yıllık olarak tarımı yapılır. Yapısında yüksek protein, karbonhidrat, yağ oranı ve vitaminler içerdiği için insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir besin kaynağıdır [1]. Soyanın tohumlarında %18-24 sabit yağ, %35-42 protein bulunması nedeniyle yağ sanayinde geniş kullanım alanı bulmaktadır [2]. Soya tohumu yağında oldukça yüksek miktarda insan vücudu için gerekli temel yağ asitleri olan linoleik, oleik ve linolenik gibi doymamış yağ asitleri vardır [3]. Soya tohumunun yağ ve protein içeriği yanında içerdiği %30 karbonhidrat ve %5 oranında mineral madde, çok sayıda vitamin ve değerli aminoasitler yönünden de insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yeri vardır [2].

Türkiye’de yüksek oranda soya ürünleri (soya yağı, soya küspesi, soya lesitini vb.) kullanılmaktadır. Aynı zamanda endüstrideki kullanım olanaklarının geniş olması, soya fasulyesi tarımının yaygınlaştırılmasını zorunlu kılmaktadır [1]. İlaç, boya, kâğıt, lastik, gıda gibi 400’den fazla endüstriyel ürün yapımında kullanılması soyayı tarımsal ürünler arasında önemli bir yere getirmektedir [4]. **Soya fasulyesi** 2018 yılı verilerine göre, 348 712 453 ton ile dünyada en fazla üretilen yağlı tohumlu bitkidir. Türkiye de ise; soya 2018 yılı itibarıyla 328 480 da alanda ekimi yapılmış ve 140 000 ton ürün alınmıştır [5].

Gübreler, bitkileri yaşam boyunca ihtiyaç duyarak topraktan aldığı makro ve mikro besin elementlerinin yetersiz olduğu noktada destekler. Doğru gübre formu ve dozu bitkilerin büyüme ve gelişmesine olumlu katkı sağlayarak, birim alanda ürün miktarını artırır. Gübreler kimyasal formda olduğu gibi organik formda da uygulanabilir. Mevcut durumda ticari gübreler, tarımsal üretimin en mühim girdilerinden biridir, gübrelerin aktif şekilde kullanımı ürünün ekonomik getirisini önemli derecede artırmaktadır.

Ancak burada gübrenin kimyasal ya da organik kökenli olması, uygulama dozları ayrı birer araştırma konusu ve bilinçli tarımın gereğidir. Aldrich ve ark. [6] da her bitki türü ve toprak tipi için, doğru gübre seçimi; dozu, zamanı ve uygulama yöntemi için verilecek kararın, hasat zamanında elde edilecek gelir miktarı üzerine, ciddi anlamda etkisinin olduğu bildirilmişlerdir.

Organik gübreler, toprağın oksijen miktarını yükseltmesi, iyi bir kök gelişimi sağlaması, toprağın su tutma kapasitesini artırması, tuzlanmayı önleyerek suya olan ihtiyacı azaltması, özetle sadece bitki besleme ve verim artırma amaçlı değil, toprak kaynağını koruyup, değerini artırma yönüyle de büyük işlevler görmektedir.

Yürütülen çalışmada, esasen farklı dozlardaki organik gübrelerin soya fasulyesi (*G. max.*)’nin çimlenme ve fide gelişimi üzerine teşvik edici veya engelleyici etkilerini ortaya koymak amaçlanmakla birlikte, kimyasal gübre formunun da denemede yer alması organik gübrelerin etkilerini daha iyi görebilmek açısından tercih edilmiştir.

Çalışma da 3 farklı kimyasal gübre kullanılmıştır. % 9 Bor (B) ve % 14 Çinko (Zn-Sülfat) içeren mikro besin maddeleri karışımı kimyasal gübre formu ve % 2 Amonyum Azotu (NH₄-H) ve % 20 Üre Azotu (NH₂-H) içeren kimyasal gübre formunda yapılan çimlendirmede kontrol dışındaki hiçbir dozda çıkış olmamıştır. Zira tohuma temas durumunda çimlenmeyi olumsuz etkileyeceği için çimlendirme çalışmalarında özellikle N’lu kimyasal gübrelerin kullanımı tercih edilmez. Teyit sadedinde; yapılan çalışmalarda, ürenin çimlenmeyi menfi etkilediği tespit edilmiştir. Üre, toprakta çok çabuk hidrolize olmakta ve bir miktar serbest NH₃ (amonyak) açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu NH₃, özellikle pH’sı yüksek topraklarda, tohuma temas ederek çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemektedir [7].

Bu çalışmada, farklı kökenli gübre form ve dozlarının soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merrill) tohumunun çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2020 Ocak ayında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Endüstri Bitkileri Laboratuvarı’nın iklim dolabında yürütülmüştür. Çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında üretilen soya fasulyesi (GAPSOY 16) tohumlukları materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada 4 gübre formu OG1 “deniz yosunu”, OG2 “bitkisel menşeli aminoasit içeren sıvı organik gübre”, OG3 “sıvı solucan gübresi” ve KG1 “%5 Nitrat N’u, %25 P₂O₅, %2 MgO ve %5 Zn” içeren kimyasal gübre, 6 doz (GD1: kontrol, GD2: 1000 ppm L⁻¹, GD3: 2000 ppm L⁻¹, GD4: 4000 ppm L⁻¹, GD5: 8000 ppm L⁻¹, GD6: 16000 ppm L⁻¹) uygulanmıştır. Gübre dozlarının hazırlanmasında musluk suyu kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her petri kabının (150 mm) tabanı iki kat kurutma kâğıdı ile kaplandıktan sonra gübre dozlarından 16 ml alınmış ve kurutma kâğıtları ıslatılmıştır. Bu çalışmada, %5 NaOCl (sodyum hipoklorit) solüsyonunda 5 dk süre ile yüzey sterilizasyon işlemi uygulanan [8] 25 adet sağlıklı ve tekdüze soya fasulyesi tohumu ekilmiştir. Petri kapları sulama suyunun buharlaşmasını önlemek üzere parafilm (PM-992) ile kapatılmış, ardından 25±2°C sıcaklığa sahip olan bir inkübatör içerisinde 14 gün süre ile çimlenmeye bırakılmış ve akabinde çimlenme ve fide gelişimine yönelik ölçümler yapılmıştır. Çimlenen tohumlar sayılarak toplam tohum sayısına bölünmüş daha sonra 100 ile çarpılarak çimlenme oranı bulunmuştur. Radikula ve plumula uzunlukları kumpas yardımı ile ayrı ayrı ölçülmüş daha sonra her ikisi de toplanarak fide uzunluğu hesaplanmıştır. Radikula ve plumula yaş olarak tartılarak toplanmış fide yaş ağırlığı ölçülmüş ardından örnekler; etüvde 78°C’de 24 saat bekletilmiş ve tekrar tartılarak fide kuru ağırlıkları

bulunmuştur. Fide vigor indeksi; fide uzunluğu ile çimlenme oranının çarpımı ile hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

Farklı gübre form ve dozlarının soya fasulyesi tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine

etkilerine ait ortalamalar Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Ancak gübre (4 adet) x doz (6 adet) interaksyon ortalamalarının karşılaştırılması (KG1-GD6 uygulamasında çimlenme olmadığı için) 23 değer üzerinden yapılmıştır.

Tablo 1. Gübre form ve dozlarında ÇO, Çİ, RU, PU, FU, RYA ve PYA ortalama değerleri

Gübreler	Gübre Dozları (ppm L ⁻¹)	ÇO (%)	*,**	Çİ	*,**	RU (cm)	*,*	PU (cm)	*,*	FU (cm)	*,**	RYA (mg)	*,**	PYA (mg)	*,**
OG1	GD1	73.33	bc	5.88	de	7.22	e	10.33	ef	17.55	ef	70.13	hi	753.142	fg
	GD2	84.00	a	6.39	c	10.01	b	13.70	ab	23.72	a	106.03	d	934.967	a
	GD3	74.67	bc	6.01	d	9.60	c	13.83	a	23.43	a	91.83	f	890.000	bc
	GD4	66.67	d	5.37	gh	8.47	d	12.15	cd	20.62	c	70.57	h	784.500	fg
	GD5	30.67	h	2.20	kl	5.82	g	9.71	fg	15.53	g	60.50	j	652.300	i
	GD6	20.00	i	1.39	m	3.58	i	8.24	i	11.83	i	136.27	b	485.400	l
	Ortalama	58.22	B	4.54	B	7.45	B	11.33	A	18.78	A	89.22	A	750.051	A
OG2	GD1	73.33	bc	5.88	de	7.22	e	10.33	ef	17.55	ef	70.13	hi	753.142	fg
	GD2	73.33	bc	5.75	ef	10.24	ab	13.15	b	23.39	ab	128.57	c	867.133	bcd
	GD3	81.33	a	5.50	fg	10.06	b	13.83	a	23.88	a	124.87	c	855.067	cd
	GD4	44.00	f	3.20	j	3.64	i	7.61	j	11.26	j	33.23	l	611.433	j
	GD5	30.67	h	2.06	l	3.45	ij	7.39	j	10.84	j	24.23	m	583.800	j
	GD6	37.33	g	2.27	k	3.27	j	8.03	i	11.30	j	24.53	m	675.100	hi
	Ortalama	56.67	BC	4.11	C	6.31	C	10.06	C	16.37	C	67.59	C	724.279	B
OG3	GD1	73.33	bc	5.88	de	7.22	e	10.33	ef	17.55	ef	70.13	hi	753.142	fg
	GD2	74.67	bc	5.53	fg	7.17	e	9.36	g	16.53	f	47.27	k	526.567	k
	GD3	76.00	b	5.55	fg	6.43	f	8.81	h	15.24	gh	47.03	k	693.667	h
	GD4	84.00	a	7.46	a	7.28	e	10.80	e	18.08	e	83.60	g	787.133	ef
	GD5	81.33	a	6.87	b	10.45	a	12.32	c	22.77	b	100.10	e	827.567	d
	GD6	77.33	b	6.70	b	7.52	e	11.79	d	19.31	d	90.20	f	892.733	b
	Ortalama	77.78	A	6.33	A	7.68	A	10.57	B	18.25	B	73.06	B	746.801	A
KG1	GD1	73.33	bc	5.88	de	7.22	e	10.33	ef	17.55	ef	70.13	hi	753.142	fg
	GD2	62.67	de	4.99	i	4.27	h	7.79	ij	12.06	i	37.20	l	825.419	de
	GD3	61.33	e	5.05	i	8.54	d	12.24	c	20.78	c	177.53	a	905.867	ab
	GD4	70.67	c	5.52	fg	3.72	i	8.28	i	12.00	i	64.10	ij	752.567	g
	GD5	68.00	cd	5.31	gh	2.43	k	7.65	j	10.08	j	34.80	l	989.930	a
	GD6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ortalama	56.00	C	4.46	B	4.36	D	7.72	D	12.08	D	63.96	D	704.488	C
Ortalama	62.17		4.86		6.45		9.92		16.37		74.46		731.405		
LSD (0.05) Gübre	1.64		0.09		0.14		0.19		0.28		2.11		14.95		
LSD (0.05) Doz	2.01		0.11		0.17		0.23		0.35		2.59		18.31		
LSD (0.05) Gübre x Doz	7.11	**	0.40	**	0.62		0.82		1.23		9.17		64.629		
CV (%)	3.85		2.77	**	3.23		2.77		2.52		4.20		2.971		

ÇO: Çimlenme Oranı, Çİ: Çimlenme İndeksi, RU: Radikula Uzunluğu, PU: Plumula Uzunluğu, FU: Fide Uzunluğu RYA: Radikula Yaş Ağırlığı, PYA: Plumula Yaş Ağırlığı. Gübre Dozları GD1: Kontrol, GD2: 1000 ppm L⁻¹, GD3: 2000 ppm L⁻¹, GD4: 4000 L⁻¹, GD5: 8000 ppm L⁻¹, GD6: 16000 ppm L⁻¹. OG1: Deniz Yosunu, OG2: bitkisel menşeli aminoasit içeren sıvı organik gübre OG3: Sıvı Solucan Gübresi, KG1: 5 Nitrat N'u, %2 P₂O₅, %2 MgO ve %5 Zn içeren kimyasal gübre.

*: Aynı sütundaki, küçük harfle ifade edilen ve farklı harflerle gösterilen ortalama, LSD testine göre P≤0.05 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

** : Aynı sütundaki, büyük harflerle ifade edilen ve farklı harflerle gösterilen ortalama, LSD testine göre P≤0.05 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.1 Çimlenme Oranı (%)

Farklı gübre formu uygulamalarında soya fasulyesi tohumlarında saptanan çimlenme oranı ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. Yapılan varyans analizinde, çimlenme oranı bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonunu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Gübre formlarının çimlenme oranları %56.00 ile %77.78 arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek çimlenme oranı %77.78 ile OG3'de görülürken en düşük çimlenme oranı %56.00 ile KG1'de tespit

edilmiştir. Mathivanan ve ark. [10] yürüttükleri çalışmada yerfıstığı tohumu ekiminde kullandıkları solucan gübresinin; çimlenme oranını arttırdığını tespit etmişler, bu sonuçlar ile çalışmada elde edilen bulgular uyum içerisinde. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun çimlenme oranları %20.00 ile %84.00 arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonunu içerisinde en yüksek çimlenme oranı OG1-GD2, OG3-GD4, OG2-GD3 ve OG3-GD5'te (sırasıyla %84.00, 84.00, 81.33 ve 81.33) görülürken en düşük çimlenme oranı %20.00 ile OG1-GD6'da tespit edilmiştir.

3.2. Çimlenme İndeksi

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, gübre formlarının çimlenme indeksi değerleri 4.11 ile 6.33 arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek çimlenme indeksine 6.33 ile OG3 sahipken en düşük çimlenme indeksi 4.11 ile OG2'de tespit edilmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun çimlenme indeksi 1.39 ile 7.46 arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek çimlenme indeksi 7.46 ile OG3-GD4'te görülürken en düşük çimlenme indeksi 1.39 ile OG1-GD6'da tespit edilmiştir.

3.3. Radikula Uzunluğu (cm)

Yapılan varyans analizinde Çizelge 1'de görüldüğü gibi gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Gübre formlarının radikula uzunlukları 4.36 cm ile 7.68 cm arasında değişmektedir. Gübre formları içerisinde en yüksek radikula uzunluğu 7.68 cm ile OG3'de görülürken en düşük radikula uzunluğu 4.36 cm ile KG1'de tespit edilmiştir. Selvaraj [11], sera şartlarında plastik saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada solucan gübresi (vermikompost), izopenteniladenin (IPA) ve indol-3-asetik asit (IAA), düşük miktarda absisik asit (ABA) kullanmıştır. Solucan gübresi uygulamasının domates tohumu ekiminden 40 gün sonra ölçülen bitki kök uzunluğunu önemli ölçüde artırdığını tespit etmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun radikula uzunluğu 2.43 cm ile 10.45 cm arasında değişmektedir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek radikula uzunluğu 10.45 cm ile OG3-GD5'te görülürken en düşük radikula uzunluğu 2.43 cm ile KG1-GD5'de tespit edilmiştir.

3.4. Plumula Uzunluğu (cm)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, gübre formlarının plumula uzunluğu değerleri 7.72 cm ile 11.33 cm arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek plumula uzunluğu 11,33 cm ile OG1 sahipken en düşük plumula uzunluğu 7.72 cm ile KG1'de tespit edilmiştir. Benzer bulgularla buğdayda deniz yosunu gübresinin uygulanması sonucunda, bitkilerin boyunun arttığı tespit edilmiştir Allwright [12], Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun plumula uzunluğu 7.39 cm ile 13.83 cm arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek plumula uzunluğu 13.83 cm ile OG1-GD3 ve OG2-GD3'de görülürken en düşük plumula uzunluğu OG2-GD5, OG2-GD4 ve KG1-GD5 (sırasıyla 7.39 cm, 7.61 cm ve 7.65 cm)'da tespit edilmiştir.

3.5. Fide Uzunluğu (cm)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, gübre formlarının fide uzunluğu değerleri 12.08 cm ile 18.78 cm arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek fide uzunluğu 18.78 cm ile OG1'de görülürken en düşük fide uzunluğu 12.08 cm ile KG1'de tespit edilmiştir. Şen [13], saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole göre ilerideki dönemlere kıyasla bitki boy gelişimi üzerinde daha etkili olduğunu tespit etmiştir, OG1'in dozlarında da GD5 ve GD6 dışında benzer durum söz konusudur. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun fide uzunluğu 10.84 cm ile 23.88 cm arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek fide uzunluğu OG2-GD3, OG1-GD2 ve OG1-GD3'te (sırasıyla 23.88, 23.72 cm ve 23.43 cm) görülürken en düşük fide uzunluğu KG1-GD5, OG2-GD5, OG2-GD4 ve OG2-GD6'da (sırasıyla 10.08, 10,84 cm, 11.26 cm ve 11.30 cm) tespit edilmiştir.

3.6. Radikula Yaş Ağırlığı (mg)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, gübre formlarının radikula yaş ağırlığı değerleri 63.96 ile 89.22 arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek radikula yaş ağırlığı 89.22 mg ile OG1'de görülürken en düşük radikula yaş ağırlığı 63.96 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Şen [13] saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole kıyasla bitkilerin yaş ağırlıklarında artış gösterdiğini tespit etmiştir, OG1'in dozlarında da GD5 dışında benzer durum söz konusudur. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun radikula yaş ağırlığı 24.23 mg ile 177.53 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek radikula yaş ağırlığı 177.53 mg ile KG1-GD3'te görülürken en düşük radikula yaş ağırlığı OG2-GD5 (24.23 mg) ve OG2-GD6 (24.53 mg)'da tespit edilmiştir.

3.7. Plumula Yaş Ağırlığı (mg)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere, gübre formlarının plumula yaş ağırlığı değerleri 704.488 mg ile 750.051 mg arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek plumula yaş ağırlığı OG1 (750.051 mg) ve OG3 (746.801 mg)'de görülürken en düşük plumula yaş ağırlığı 704.488 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun plumula yaş ağırlığı 485.40 mg ile 989.930 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek plumula yaş ağırlığı KG1-GD6 (989.930 mg) ve

OG1-GD2 (934.97 mg)'de görülürken en düşük plumula yaş ağırlığı 485.40 mg ile OG1-GD6'da tespit edilmiştir. Şen [13] saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole kıyasla bitkilerin yaş ağırlıklarında artış gösterdiğini tespit etmiştir, OG1'in dozlarında da GD5 ve GD6 dışında benzer durum söz konusudur.

3.8. Fide Yaş Ağırlığı (mg)

Farklı gübre formu uygulamalarında soya fasulyesi tohumlarında saptanan çimlenme oranı ortalamaları Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonunu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Gübre

formlarının fide yaş ağırlığı değerleri 768.449 mg ile 839.274 mg arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek fide yaş ağırlığı 839.274 mg ile OG1'de görülürken en düşük fide yaş ağırlığı 768.449 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun fide yaş ağırlığı 573.833 mg ile 1083.400 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek fide yaş ağırlığı 1083.400 mg ile KG1-GD3'de görülürken en düşük fide yaş ağırlığı 573.830 mg ile OG3-GD2'de tespit edilmiştir. Şen [13] saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole kıyasla bitkilerin yaş ağırlıklarında artış gösterdiğini tespit etmiştir, OG1'in dozlarında da GD5 ve GD6 dışında benzer durum söz konusudur.

Tablo 2. Gübre form ve dozlarında FYA, RKA, PKA, FKA, FVİ ve ÇTS ortalama değerleri

Gübreler	Gübre Dozları (ppm L ⁻¹)	FYA (mg)	*,**	RKA (mg)	*,**	PKA (mg)	*,**	FKA (mg)	*,**	FVİ	*,**	ÇTS (adet)	*,**
OG1	GD1	823.275	ef	9.294	f	126.008	cdef	135.303	def	1278.82	ef	18.33	bcde
	GD2	1041.000	ab	13.933	a	135.433	b	149.367	b	1991.09	a	21.00	a
	GD3	981.833	c	13.933	a	141.733	a	155.667	a	1751.78	c	18.67	bcd
	GD4	855.067	e	11.267	e	123.867	ef	135.133	def	1374.69	e	16.67	ef
	GD5	712.800	gh	13.277	b	125.233	cdef	138.510	d	476.40	i	7.67	i
	GD6	621.667	ij	12.667	c	96.833	h	109.500	h	236.58	k	5.00	j
Ortalama		839.274	A	12.395	A	124.851	A	137.247	A	1184.89	B	14.56	B
OG2	GD1	823.275	ef	9.294	f	126.008	cdef	135.303	def	1278.82	ef	18.33	bcde
	GD2	995.700	bc	13.767	a	125.100	cdef	138.867	cd	1714.82	c	18.33	cde
	GD3	979.933	c	13.467	ab	130.367	bc	143.833	bc	1943.34	a	20.33	ab
	GD4	644.667	i	6.247	h	116.952	g	123.199	g	495.18	i	11.00	g
	GD5	608.033	jk	4.771	j	116.367	g	121.138	g	332.24	j	7.67	i
	GD6	699.633	h	3.250	l	129.467	cd	132.717	ef	421.72	i	9.33	h
Ortalama		791.874	C	8.466	C	124.043	A	132.509	B	1031.02	C	14.17	B
OG3	GD1	823.275	ef	9.294	f	126.008	cdef	135.303	def	1278.82	ef	18.33	bcde
	GD2	573.833	k	7.217	g	82.333	i	89.550	j	1234.87	f	18.67	bcd
	GD3	740.700	g	6.023	h	124.733	def	130.757	ef	1158.58	f	19.00	bcd
	GD4	870.733	e	9.737	f	122.067	f	131.803	ef	1518.97	d	21.00	a
	GD5	927.667	d	12.133	d	123.467	f	135.600	de	1851.19	b	20.33	ab
	GD6	982.933	c	9.837	f	128.167	cde	138.003	d	1494.21	d	19.33	bc
Ortalama		819.857	B	9.040	B	117.796	B	126.836	C	1422.77	A	19.44	A
KG1	GD1	823.275	ef	9.294	f	126.008	cdef	135.303	def	1278.82	ef	18.33	bcde
	GD2	862.619	e	2.963	l	131.733	bc	134.697	def	755.67	h	15.67	f
	GD3	1083.400	a	9.600	f	120.167	fg	129.767	f	1274.87	f	15.33	f
	GD4	816.667	f	3.667	k	100.333	h	104.000	i	848.26	h	17.67	de
	GD5	1024.730	ab	3.070	l	113.900	g	116.980	gh	685.86	h	17.00	ef
	GD6												
Ortalama		768.449	D	4.776	D	98.692	C	103.458	D	807.25	D	14.00	B
Ortalama		804.864		8.667		116.346		125.013		1111.48		15.54	
LSD (0.05) Gübre		15.81		0.17		2.21		2.25		40.82		0.57	
LSD (0.05) Doz		18.37		21.00		2.70		2.75		50.00		0.70	
LSD (0.05) Gübre x Doz		68.419		0.732		9.541		9.708		177.29		2.50	
CV (%)		2.858		2.840		2.757		2.611		5.36		5.40	

FYA: Fide Yaş Ağırlığı, **RKA:** Radikula Kuru Ağırlığı, **PKA:** Plumula Kuru Ağırlığı, **FKA:** Fide Kuru Ağırlığı, **FVİ:** Fide Vigor İndeksi **ÇTS:** Çimlenen Tohum Sayısı. Gübre Dozları GD1: Kontrol, GD2: 1000 ppm L⁻¹, GD3: 2000 ppm L⁻¹, GD4: 4000 L⁻¹, GD5: 8000 ppm L⁻¹, GD6: 16000 ppm L⁻¹. OG1: Deniz Yosunu, OG2: bitkisel menşeli aminoasit içeren sıvı organik gübre OG3: Sıvı Solucan Gübresi, KG1: 5 Nitrat N'u, %25 P₂O₅, % 2 MgO ve % 5 Zn içeren kimyasal gübre.

*: Aynı sütundaki, küçük harfle ifade edilen ve farklı harflerle gösterilen ortalama, LSD testine göre P≤0.05 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

** : Aynı sütundaki, büyük harflerle ifade edilen ve farklı harflerle gösterilen ortalama, LSD testine göre P≤0.05 hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

3.9. Radikula Kuru Ağırlığı (mg)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, gübre formlarının radikula kuru ağırlığı değerleri 4.776 mg ile 12.395 mg arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek radikula kuru ağırlığı 12.395 mg ile OG1'de görülürken en düşük radikula kuru ağırlığı 4.776 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Şen [13] saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada benzer bulgularla fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole kıyasla bitkilerin kuru ağırlıklarında artış gösterdiğini tespit etmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun radikula kuru ağırlığı 2.963 mg ile 13.933 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek radikula kuru ağırlığı OG1-GD2, OG1-GD3 ve OG2-GD2'de (sırasıyla 13.933 mg, 13.933 mg ve 13.767 mg) görülürken en düşük radikula kuru ağırlığı KG1-GD2, KG1-GD5 ve OG2-GD6 (sırasıyla 2.963 mg, 3.070 ve 3.250 mg)'da tespit edilmiştir.

3.10. Plumula Kuru Ağırlığı (mg)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, gübre formlarının plumula kuru ağırlığı değerleri 98.692 mg ile 124.851 mg arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek plumula kuru ağırlığı OG1 (124.851 mg) ve OG2'de (124.04 mg) görülürken en düşük plumula kuru ağırlığı 98.692 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun plumula kuru ağırlığı 82.333 mg ile 141.733 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek plumula kuru ağırlığı 141.733 mg ile OG1-GD3'de görülürken en düşük plumula kuru ağırlığı 82.333 mg ile OG3-GD2'de tespit edilmiştir.

3.11. Fide Kuru Ağırlığı (mg)

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, gübre formlarının fide kuru ağırlığı değerleri 103.458 mg ile 137.247 mg arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek fide kuru ağırlığına 137.247 mg ile OG1 sahipken en düşük fide kuru ağırlığı 103.458 mg ile KG1'de tespit edilmiştir. Şen [13] saksılarda domates bitkisi üzerine yaptığı çalışmada fide döneminde uyguladığı deniz yosunu gübresinin kontrole kıyasla bitkilerin kuru ağırlıklarında artış gösterdiğini tespit etmiştir, OG1'in dozlarında da GD6 dışında benzer durum söz konusudur. Allwright [12], benzer bulgularla buğday bitkisine deniz yosunu gübresinin uygulanması sonucunda, bitkilerin kuru ağırlığının arttığını belirlemiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun fide kuru ağırlığı 89.550 mg ile 155.667 mg arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en

yüksek fide kuru ağırlığı 155.667 mg ile OG1-GD3'de görülürken en düşük fide kuru ağırlığı 89.550 mg ile OG3-GD2'de tespit edilmiştir.

3.12. Fide Vigor İndeks

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, gübre formlarının fide vigor indeksi değerleri 807.25 ile 1422.77 arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek fide vigor indeksi 1422.77 ile OG1'de görülürken en düşük fide vigor indeksi 807.25 ile KG1'de tespit edilmiştir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun fide vigor indeksi 236.58 ile 1991.09 arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek fide vigor indeksi OG1-GD2(1991.09) ve OG2-GD3'de (1943.34) görülürken en düşük fide vigor indeksi 236.58 ile OG1-GD6'da tespit edilmiştir.

3.13. Çimlenen Tohum Sayısı

Yapılan varyans analizinde; çimlenme indeksi bakımından gübre formları, gübre dozları ve gübre x doz interaksyonu arasındaki farklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü üzere, gübre formlarının çimlenen tohum sayısı değerleri 14.00 ile 19.44 arasında değişmiştir. Gübre formları içerisinde en yüksek çimlenen tohum sayısı 19.44 ile OG3'de görülürken en düşük çimlenen tohum sayısı KG1, OG2 ve OG1 (sırasıyla 14.00, 14.17 ve 14.56)'de tespit edilmiştir. Mathivanan ve ark. [10] yürüttükleri çalışmada yerfıstığı tohumu ekiminde kullandıkları solucan gübresinin; çimlenme oranını kontrole kıyasla arttırdığını tespit etmişler, bu sonuçlar ile çalışmada elde edilen bulgular uyum içerisindedir. Aynı şekilde, gübre x doz interaksyonunun çimlenen tohum sayısı değerleri 5.00 ile 21,00 arasında değişmiştir. Gübre x doz interaksyonu içerisinde en yüksek çimlenen tohum sayısı 21.00 ile OG1-GD2 ve OG3-GD4'te görülürken en düşük çimlenen tohum sayısı 5.00 ile OG1-GD6'da tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

Gübre formlarıyla ilgili yapılan çalışmalar çoğunlukla tarla denemelerinde yapılmış olup, çimlendirme çalışmalarında fazlaca bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma, çimlenmeyi teşvik edici ya da engelleyici özelliğinin ortaya konması açısından referans olabilecektir. Araştırmada gübre formlarının; soya fasulyesinin çimlenme ve fide gelişimine ait parametreleri istatistiksel olarak önemli derecede etkilediği görülmüştür. "Deniz yosunu gübresi; plumula uzunluğu, fide uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı, plumula kuru ağırlığı ve fide kuru ağırlığı gibi incelenen özelliklerde en yüksek değeri vermiştir. Çİ hariç çimlenme ve fide gelişimi ile ilgili ölçülen tüm özelliklerde; 2000 ppm L⁻¹ gübre dozu çimlenme indeksi hariç en yüksek değeri vermişken, 16000 ppm L⁻¹

radikula yaş ağırlığı en düşük değeri vermiştir. Gübre x doz interaksyonunda; sıvı deniz yosunu gübresi 1000 ppm L⁻¹ dozunda çimlenme oranı, çimlenme indeksi, radikula uzunluğu, fide uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı, fide kuru ağırlığı, fide vigor indeksi ve çimlenen tohum sayısını ve 2000 ppm L⁻¹ dozunda ise plumula uzunluğu, radikula kuru ağırlığı, plumula kuru ağırlığı ve fide kuru ağırlığını; Bitkisel menşeli aminoasit içeren sıvı organik gübre 1000 ppm L⁻¹ dozunda radikula uzunluğu, radikula yaş ağırlığı ve radikula kuru ağırlığını, 2000 ppm L⁻¹ dozunda çimlenme oranı, plumula uzunluğu, fide uzunluğu, plumula kuru ağırlığı, fide kuru ağırlığı, fide vigor indeksi ve çimlenen tohum sayısını, 4000 ppm L⁻¹ dozunda plumula yaş ağırlığı ve fide yaş ağırlığını; Sıvı solucan gübresi ise incelenen tüm özellikleri 4000-8000 ve 16000 ppm L⁻¹ dozlarında; “% 5 Nitrat N’u, %25 P₂O₅, % 2 MgO ve % 5 Zn” içeren kimyasal gübre ise 2000 ppm L⁻¹ dozunda radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, fide uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı ve radikula kuru ağırlığını teşvik etmişlerdir. Sonuç olarak çimlendirme çalışmalarında sıvı solucan gübresi teşvik edici olarak önerilirken, fide gelişiminde deniz yosunu gübresi teşvik edici olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Güneş A. İkinci ürün soya (*Glycine Max* (L.) Merrill) tarımında farklı azot doz ve uygulama zamanlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa. 2006;63s.
- [2] Arıoğlu HH. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:220, A-70, Adana;2014.
- [3] Liu K. Soybeans as a Powerhouse of Nutrients and Phytochemicals. In: Soybeans as Functional Foods and Ingredients (Chapter 1). AOCS Press, Illionis. ISBN 1-893997-33-2. 2004.
- [4] Kılınç A, Arıoğlu H. İkinci ürün soya tarımında farklı dozlarda uygulanan azotlu gübrenin verim ve bazı tarımsal özelliklere etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2018;35-1.
- [5] Anonim, 2020a. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (Food and Agriculture Organization) <http://www.faostat.fao.org/> (Erişim tarihi: 23.01.2020).
- [6] Aldrich SR, Scott WO, Leng ER. Modern Corn Production. A&L Publications, Illinois, USA, 1978;378p.
- [7] Anonim, 2020b. Tohum Dağıtıcıları Alt Birliği <http://todab.org.tr/files/> (Erişim tarihi: 31.01.2020).
- [8] Yılmaz, S. (2015): Tuz ve Kuraklık Stres Koşullarına Maruz Bırakılan *Phaseolus vulgaris* L. (Fasulye) Bitkisinde Giberellik Asit Uygulamasının GABA ve Antioksidan Savunma Sistemine Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Aksaray. 13s.
- [9] Steel RGD, Torrie JH. Principles and Procedures of Statistics. McGrawHill Book Company Inc., Second Edition, New York 1980.
- [10] Mathivanan S, Chidambaram A, Sundaramoorthy P, Bakiyaraj R. Effect of vermicompost on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of Environmental Biology. 2012;2(1): 7-11.
- [11] Selvaraj A. Effect of vermicompost tea on the growth and yield of tomato plants and suppression of root knot nematode in the soil. Univ. of Calif. (Thesis), Riverside 2011.
- [12] Allwright KJ. Effect of seaweed extracts on growth of wheat, and soil-borne diseases. Abstract of the 14 th International Seaweed Symposium, Brest and St Malo, France, Abstract number 1992;004.
- [13] Şen O. Aşılı ve aşısız domates çeşitlerinin bitki gelişimi ve bazı kalite özellikleri üzerine deniz yosunu gübresi uygulamalarının etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ordu. 2015;77s.



***Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae:Orthoptera) Türünün Sürü Oluşturma ve Bitkilere Zarar Durumunun Araştırılması**

Mustafa İLÇİN^{1*}, Ali SATAR²

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Mustafa İLÇİN ORCID No: 0000-0002-2542-9503

Ali SATAR ORCID No: 0000-0002-8008-6291

*Sorumlu yazar: milcin@bingol.edu.tr

(Alınış: 10.06.2020, Kabul: 15.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Dociostaurus (D.) maroccanus, Sürü Oluşturma, İklimsel değişimler, İnsektisit, Biyolojik mücadele

Öz: Bu çalışmada son yıllarda bitkisel üretime ciddi zararlar veren Orthoptera takımının Acrididae familyasına ait bir tür olan *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 türünün sürü oluşturma ve bitkisel vejetasyona zarar verme düzeyinin tespit edilmesi ve tanılaması yapılmıştır. Çalışma alanımız olarak Şanlıurfa ili Siverek ilçesine bağlı kırsal alanlar ile Diyarbakır ili Çermik, Çüngüş ilçelerinin kırsal alanlarında toplamda 41 lokalitede bulunan il ve ilçe merkezine bağlı olan köylerdeki bahçe, bostan, ekili alanlar ve tarım arazilerinde tespit edilmiştir. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 türünün gregar özellikte olduğu, sürü şeklinde hareket ettiği ve istila ettikleri alanlarda bulunan tarım arazileri, bahçeler, meyve ağaçları, bostanlar, meralar ve diğer kültür bitkilerinde çok ciddi zararlar buldukları belirlenmiştir. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 türünün artışında iklimsel değişimler, yağış rejiminin farklılaşması, kuraklık durumlarının meydana gelmesi ve insanların yanlış tarımsal uygulamaları, kimyasal ilaç kullanımı ve yararlı canlı (Böcek, kuş vb.) tür popülasyonunun azalması en belirleyici etkenler arasında olmuştur. Araştırma gözlemleri çerçevesinde tarımsal arazilerde kullanılan insektisitlerin de zararlı olan tür popülasyonunun artışında etkili olduğu düşünülmektedir. Zararlı olan türün kontrol altına alınabilmesi için üreticilerin en başta önleyici etmenler olarak kültür mücadele, fiziksel-mekaniksel mücadele ve temelde de biyolojik mücadele uygulamalarını gerçekleştirerek türün nimf döneminde ekonomik zarar eşiği altında tutulması son derece etkili olacaktır. Ayrıca yararlı türlerin zararlı popülasyonunu artışının azalmasında kullanılması önerilmektedir.

***Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Acrididae:Orthoptera) Species of Swarm and Investigation of Damage to Plants**

Keywords

Dociostaurus (D.) maroccanus, Swarm Creation, Climatic Changes, Insecticide, Biological Control

Abstract: In this study, *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 a species belonging to Acrididae family of the Orthoptera ordo, which caused serious damage to vegetative production in recent years, was determined and diagnosed. As our study area, it has been determined in rural areas of Şanlıurfa province of Siverek district and in rural areas of Diyarbakır province of Çermik, Çüngüş districts in 41 localities and in the villages connected to the provincial and district centers, gardens, cultivated areas and agricultural lands. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 has been found to have serious damage to agricultural lands, gardens, fruit trees, gardens, pastures and other cultivated crops in the areas where 1815 species are gregaric, move in herds and infested. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 climatic changes in the increase of species, differentiation of precipitation regime, occurrence of drought conditions, and wrong agricultural practices of humans, use of chemical drugs and decreasing beneficial species (Insect, bird etc.) were among the most determining factors. Within framework of research observations, insecticides used in agricultural lands are also thought to be effective in increasing the harmful species population. In order to control the harmful species, it will be extremely effective for the producers to carry out the cultural damage, physical-mechanical

and basically biological control practices as the preventive factors and to keep the species under the economic loss threshold during the nymph period. It is also recommended to use the beneficial species in reducing the increase in the pest population.

1. GİRİŞ

Yeryüzünde biyolojik çeşitliliğin büyük bir kısmını böcekler oluşturmuştur. Bu kadar çeşitli olan bu grubun üyeleri Ekvatordan kutuplara, çöllerden ormanlık alanlara, yüksek dağlık alanlardan alçak düzlüklere, bataklıklardan mağaralara, soğuk su kaynaklarından sıcak su kaplıcalarına tarımsal alanlardan evlerimize kadar hemen hemen her türlü ortama dağılmışlardır. Böceklerin bu kadar çeşitli ortama girmeleri ve buralarda yaşamaları uyum yeteneklerinin oldukça güçlü olması sayesinde gerçekleşmiştir [1].

Böcekler, insanların ve diğer canlıların ekolojik ve ekonomik yaşamlarında önemli bir gruptur. Örneğin tarım ve orman ürünleri üzerinde beslenerek direkt ürün kayıplarına neden olabilirler [1].

Türkiye direyi (Latince: Fauna), hayvanlar âleminin Türkiye sınırları içerisinde yaşayan üyelerinin tümüdür. Birçok farklı hayvan türünü barındırması ile dikkat çeker. Anadolu'nun Asya ile Avrupa arasındaki konumu bunda başlıca etkidir. Farklı iklim özelliklerinde coğrafi bölgelere sahip olduğu için, bitki örtüsünün diğer Ortadoğu ülkelerine göre daha zengin (850 cins altında toplanan 9.000 tür bitki) olması ise diğer önemli etkidir. Bu yüzden, farklı iklim ve besin ihtiyacı olan birçok hayvan türü kendisine uygun yaşam alanı bulabilmektedir. Böylece Türkiye'de yalnızca Akdeniz direyinin değil, Orta-Doğu Avrupa, Orta Doğu, Kafkaslar ve Arap Yarımadası direyelerinin de tipik türleri bulunmaktadır. Ayrıca Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında, çok daha fazla memeli tür barındırır. Bu da Türkiye direyinin ne tipik Avrupa direyine ne de tipik Orta Doğu direyine sınıflandırılabilirdiğini gösterir [2].

Orthoptera takımı, 300 milyon yıl öncesine dayanan bir fosiliyle yaşayan böcekler içerisinde en eski takımlardan birisidir. Orthoptera üyeleri orta büyüklükte ve iri arka bacakları sıçrama için iyi gelişmiş böceklerdir. Bileşik gözleri iyi gelişmiş, antenler ince uzun ve çok segmentlidir. Prothoraks geniş, pronotum kalkan şeklinde yanlardan aşağı doğru kıvrılmıştır. Ön kanatlar dar ve derimsi tegminayı oluşturur. Arka kanatlar geniş çok sayıda boyuna ve enine damarlı olup tegmina altında kıvrılırlar. Bu takımda kanatsızlık ve kanat körelmesi yaygındır. Abdomen sekiz veya dokuz görülebilir segmente sahip olup iki ya da üç terminal segment körelmiştir. Serkus tek segmentlidir. Abdominal uzantılardan oldukça farklılaşarak oluşmuş ovopozitör iyi gelişmiştir [1].

Morfolojik ve moleküler bulgulara göre Orthoptera iki monofiletik alttakıma ayrılır. Caelifera (Kısa antenli çekirgeler; gündüz aktif, hızlı hareket eden, şekil itibarıyla sivri karasal herbivorlar) ve Ensifera'dır (-

Uzun antenli çekirgeler; genellikle gece aktif, kamuflajlı veya taklitçi, yırtıcı, omnivor veya fitofag) [1].

2. MATERYAL VE METOT

Araştırmamıza konu olan türler 2018 yılı nisan-eylül ayları arasında toplanmıştır. Tür örneklerinin toplandığı alanlar, Şanlıurfa ili Siverek ilçesi ve Köyleri; Basyamca Bağlık, Büyüktepe, Beşyamaç, Güldorgun, Narlıkaya, Ortaköy ile Diyarbakır Çermik, Çüngüş ve Karacadağ bölgesi çevresinde bulunan toplamda 41 lokaliteden oluşan bahçeler, bostanlar, meralar, ve tarım arazilerinde kayıt altına alınmıştır. Örnek türlerin toplanmasında genel itibarıyla böcek yakalama aracı atrap ve çukur tuzaklardan yararlanılmıştır. Yakalanan Böcek türlerinin muhafazası içinde % 60 Etil alkol bulunan şişeler sağlanmıştır.

Böcek türünün teşhisi Bei-Bienko and Mistshenko (1951), Ramme (1951), Balamir (1956), Harz (1975), Soltani (1978), Lodos (1983), Willemse (1984, 1985), Naskrecki and Ünal (1995) tarafından yapılan tür-teşhisleri ve tür-tayin anahtarları göz önünde bulundurularak tarafımızca yapılmıştır [4,5,6,7,8,9,10,11].

3. BULGULAR

Cins (Genus): *Dociostaurus* Fieber, 1853

Vücut büyüklükleri küçük ya da orta büyüklüktedir. Antenler ipliksi (Filliform) olup baş ile pronotum toplamından daha uzundur. Baş konik yapıda pronotumda kısadır. Verteks lateral kanatsız olup ön sırt ile antenler arasında düz yapıdadır. Tegmina abdomenden kısadır. Alt anal plaka tarafından ovopozitörün valvleri örtülmüş, açık haldedir. Türler arasındaki karakteristik özellik arka femurun farklı renk özelliklerinde olmasıdır. Araştırma yapılan bölgede yaygın olarak bulunan tür ile temsil edilmektedir [2].

Tür (Species): *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815

Halk arasında Fas çekirgesi olarak bilinen bu tür en yaygın Orthoptera takımının Acrididae familyasına ait bir tür olarak tespit edilmiştir. Genel özellikleri şu şekildedir: Pronotum Üzerinde 'X' İşaretine benzer bir işaret olup orta kısmı silinmiş şekildedir. Ergin olan bireylerin üst kanatları arka femuru geçmektedir. Arka kanatlar renksiz şeffaf olup gövde rengi sarı ve grimsi koyu renklerle kaplı, elytra büyük, şeffaftır. Bazen kahverengi benekli olan kanatlarında güçlü damarlanma vardır. Arka ayakları tibia genellikle kırmızı, femurda siyah bantlı ve güçlü yapıdadır. Dişilerin erişkin olanlarının vücut uzunluğu 20-38 mm, erkekler ise 16-28 mm uzunluğundadır. Tegmina 20-30 mm uzunlukta olup 15 mm enindedir. Tegminada kapak bulunur [2].

Zarar Durumu: Beslenme açısından polifag bir tür olup en zararlı Acrididae türlerindedir. Özellikle sürü oluşturacak popülasyonlar meydana getirme yeteneği olduğundan tarım arazilerinde ekonomik zarara yol açarlar. Birçok tahıl bitkisine gerek nimf döneminde gerekse de ergin dönemde yoğun bir şekilde zarar vermektedirler. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olan Buğday tarlaları başta olmak üzere bitkisel vejetasyonunun yoğun olduğu arazilerde büyük zararlar oluşturacak şekilde beslenirler [2].

Tablo 1. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 Türünün Zarar Şekilleri

Bitki Türü	Zarar Verilen Organ	Zarar Biçimi
Buğday	Tüm yeşil kısımlar ve Başaklar	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Arpa	Tüm yeşil kısımlar ve Başaklar	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Mercimek	Tüm yeşil kısımlar	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Nohut	Tüm yeşil kısımlar	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Domates	Yaprak, çiçek ve meyve	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Patlıcan	Yaprak, çiçek ve meyve	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Biber	Yaprak, çiçek ve meyve	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi
Meyve Ağaçları (Armut, Elma, Kayısı, Kiraz, Üzüm vs.)	Yaprak, çiçek ve meyve	Isırıcı-Çiğneyici ağız yapısı ile tüm kısımların yenilmesi



Resim 1. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Siverek, Mayıs, 2018)



Resim 2. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Diyarbakır, Haziran, 2018)



Resim 3. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Diyarbakır, Haziran, 2018)



Resim 4. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 (Diyarbakır, Haziran, 2018)

4. SONUÇ

Araştırmamız sürecinde Orthoptera takımının Acrididae familyasına ait *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 türünün zararlı bir tür olduğu tespit edilmiş olup Acrididae familyasına ait olan birçok türün de zararlı türler içerdiği, bitkisel vejetasyonu tahrip edip zarar verdikleri belirlenmiştir. *Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus* Thunberg, 1815 türü polifag beslenme biçimine sahip çok güçlü bir baş ve ısırıcı-çiğneyici ağız yapısı olan, bu özellikleri nedeniyle pek çok bitkiye zarar vermektedir. Zirai mücadele kapsamında kimyasal mücadelede kullanılan insektisitlere karşı direnç gösterdiği bilinmektedir. Sürü oluşturan ve ulaşabildikleri yerleri istila etme özellikleri

nedeniyle diğer birçok türden kolaylıkla tanınip ayrılmaktadır.

Dociostaurus (Dociostaurus) maroccanus Thunberg, 1815 türü özellikle atmosfer değişimlerinden kuraklık başta olmak üzere iklimsel değişimler, yağış rejiminin farklılaşması, sıcaklık ve nem oranlarının değişimi, zararlı tür popülasyonunun artışı en belirleyici abiyotik unsurlar arasındadır. Bununla birlikte zirai mücadele kapsamında kullanılan insektisitlerin yaygınlaşması, zararlı tür popülasyonunun direnç kazanarak artışının yüksek oranlarda gerçekleşmesine yol açmaktadır. Zararlı tür popülasyonunun azalması için en başta kültürel mücadele uygulamaları, fiziksel mücadele, mekaniksel mücadele ve özellikle de biyolojik mücadelenin etkin kullanımı ile olumlu sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada desteklerini esirgemeyen ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Ali SATAR'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- [1] Gullan, P. J. Cranston P.S. The Insect An Outline Of Entomology, A. John Wiley&Sons, Ltd. Publication. 2012.
- [2] İlçin, M. Batman İli Ekili alanlarda bulunan Orthoptera: Insecta Faunasının Araştırılması ve Tarım alanlarında Zarar oluşturabilecek Türlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2015.
- [3] Demirsoy, A. Erzurum Bölgesi Orthoptera (Insecta) Faunasının Tespiti ve Taksonomik İncelemesi. 1975; 347:39-35.
- [4] Demirsoy, A. Türkiye Caelifera (Insecta, Orthoptera) Faunasının Tespiti ve Taksonomik İncelemesi. 1977; 438:8(4), 80-52.
- [5] A. R. Akıncı. Çekirge Nimf Yoğunluğunun Tespitinde Uygulanan *mm*²'deki Sayım Yöntemi Yerine Atrapla Sayım Yönteminin Kullanılma Olasılığı Üzerinde Çalışmalar, Bitki Kor. Bült. 1984:24, 1-8.
- [6] B. Alkan, Türkiye'de Ziraat Bitkilerinin Genel Zararlıları Üzerinde İncelemeler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.1962:32, 197-125.
- [7] H. Ghahari, M. Havaskary, M. Tabari, H. Ostovan, H. Sakenin, A. Satar, An Annotated Catalogue Of Orthoptera(Insecta) And Their Natural Enemics From Iranian Rice Fields And Surrounding Grassland, Linzer biol. Beitr. 2009:30, 639-672.
- [8] Satar, A. Özbay, C. On the Orthoptera (Insecta) Fauna of The Karacadağ Mountains and The Dicle Basin (Diyarbakır, Turkey). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.). 2003:32 115-120. Available at www.sea-entomologia.org.
- [9] Usmani, M. K. et. al. Diversity And Taxonomic Studies Of Acridoid Pests (Acridoidea: Orthoptera) of Pulses From Vittar Pradesh India. Mun. Ent. Zool. 2012;7(2), 837-846.
- [10] Havaskary, M. et al. A Contribution to the Short-Horned Grasshoppers (Orthoptera:Acrididae) From Arasbaran and Vicinity. NW Iran, Mun. Ent. Zool. 2012; 7(2), 970-977.
- [11] Badenhauer, I. Amouroux, P. Bretagnolle, V. Estimating Acrididae Densities in Grassland Habitats: A Comparison Between Presence–Absence and Abundance Sampling Designs. Environ. Entomol. 2007; 36(6), 1494-1503.



Çukurova Koşullarında Bazı Kum Darısı (*Panicum miliaceum* L.) Genotiplerinin Agromorfolojik ve Ot Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma

Zeyni DAĞTEKİN¹, Rüştü HATİPOĞLU^{2*}, Celal YÜCEL³

¹ Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Tarım ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya/Türkiye

² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Adana/Türkiye

³ Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak/Türkiye

Zeyni DAĞTEKİN ORCID No: 0000-0003-3342-3117

Rüştü HATİPOĞLU ORCID No:0000-0002-7977-0782

Celal YÜCEL ORCID No:0000-0001-6792-5890

*Sorumlu Yazar: rhatip@cu.edu.tr

(Alınış: 19.06.2020, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Kum darı,
Genotip,
Agromorfoloji,
Ot Kalitesi

Öz: Bu araştırma kum darısı (*Panicum miliaceum* L.) türüne ait 11 genotipin Çukurova koşullarındaki performanslarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Kum darısı genotipleri 2017 yılı yetiştirme mevsiminde Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde sıra arası 70 cm sıra üzeri 10 cm olacak şekilde 5 m uzunluğundaki sıralara birer sıra halinde ekilmiştir. İncelenen genotiplerde; %50 çiçeklenmeye erişme süresi, bitki boyu (cm), kardeş sayısı /bitki, yaprak sayısı/ana sap, kuru ot verimi/bitki, yaprak oranı (%), kuru maddede ham protein oranı (%), ADF oranı (%), NDF oranı (%) , fosfor oranı (%), kalsiyum oranı (%), magnezyum oranı (%) ve potasyum oranı (%) incelenmiştir. İncelenen kum darısı genotiplerinde %50 çiçeklenmeye erişme süresinin 35-60 gün, bitki boyunun 72,2-142,8 cm, bitki başına kardeş sayısının 5,4-42,2 adet, ana sapta yaprak sayısının 7,2-16 adet, yeşil ot veriminin 112,2-790,2 g, kuru ot veriminin 28,6-165,9 g, yaprak oranının %19,7-51,9, ham protein oranının %16,3-20,5, ADF oranının %28,7-36,3, NDF oranının %60-70,6, P oranının %0,373-0,434, Ca oranının %0,58-0,824, Mg oranının %0,270-0,393 ve K oranının %3,174-3,964 arasında değiştiği saptanmıştır. 11 nolu ve IPM 2875 kodlu genotip yüksek verim ve orta derecede ot kalitesi ile dikkati çekmiştir.

84

Agro-Morphological and Hay Quality Characteristics of Some Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) Genotypes Under Cukurova Conditions

Keywords

Proso millet,
Genotype,
Agromorphology
Hay quality

Abstract: This research was conducted to determine performances of 11 genotypes of proso millet during the growing season of 2017 under Cukurova conditions. Seeds of each genotypes of proso millet were sown in a 5 m row with a row spacing of 70 cm and 10 cm intra- rowspacing. In the field experiment, agromorphological and hay quality traits of the genotypes such as days to flowering, plant height, number of tillers per plant, number of leaves in the main stem, green herbage yield, hay yield, leaf ratio, crude protein, ADF, NDF, P, Ca, Mg and K contents of dry matter were studied. The mentioned characteristics of the proso millet genotypes varied from 35 to 60 days, from 72.2 to 142.8 cm, from 5.4 to 42,2 tillers, from 7.2 to 16 leaves, from 112.2 to 790.2 g, from 28.6 to 165.9 g, from 19.7 to 51.9%, from 16.3 to 20.5%, from 28.7 to 36.3%, from 60 to 70.6%, from 0.373 to 0.434%, from 0.58 to 0.824%, from % 0.270 to 0.393% and from 3.174 to 3.964%, respectively. The genotype with genotype number 11 and genotype code IPM 2875 was the most promising genotype with high yield and middle hay quality

1. GİRİŞ

Ülkemizde ekonomik bir hayvancılık için hayvancılık işletmelerinin kaliteli kaba yem gereksiniminin karşılanması gerekir. Bunun için de çayır-meraların

ıslahı, yem bitkisi üretim alanlarının artırılması, ucuz ve alternatif diğer kaba yem kaynaklarının hayvansal üretime kazandırılması ve kaliteli kaba yem üretim tekniklerinin üreticilere aktarılması gerekmektedir [1, 2] Kaba yemin en önemli kaynaklardan birisi olan yem bitkileri tarımı, bitkisel ve hayvansal üretimin de

sigortası konumunda olup, sürekli ve güvenli kaba yem üretiminin en önemli yoludur [3, 4]

Mera tesisinde karışımda yer alabilecek türler belirlenirken yemin eksik olduğu dönemlerde yeşil otlama dönemini uzatabilecek, ek yemleme dönemini azaltacak türlerin karışımda yer alması gerekmektedir [5]. Buna göre serin mevsim yem bitkileri ile birlikte sıcak mevsim yem bitkilerinin karışımlarda yer almasıyla otlamada yeşil yem dönemi uzatılabilecektir.

Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde ortalama sıcaklık Haziran ayı itibariyle 25 °C' yi geçmekte ve bu dönem içerisinde serin mevsim yem bitkisi türleri uzun süre dormant duruma geçmektedir. Hayvancığın söz konusu dönemdeki kaba yem gereksiniminin karşılanması için sıcak mevsimde kaba yem üretebilecek yem bitkisi türlerinin yetiştirilmesi gerekir. Ülkemizin Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde bugüne kadar yürütülen araştırmalarda; serin dönemde yetiştirilebilecek bir ve çok yıllık yem bitkileri türlerinin saptanmasına yönelik araştırmalar sürdürülmüş olmasına karşılık, sıcak dönemde yetiştirilebilecek yem bitkisi türleri mısır ve sorgum ile sınırlı kalmıştır.

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgelerde sıcak ve kurak yaz döneminde yetiştirilebilecek alternatif yem bitkileri grubundan birisi de darılardır. Darılar, dünyanın kurak ve yarı kurak tropik bölgelerindeki milyonlarca insanın temel gıdasıdır ve çoğu Asya, Afrika ülkesinde ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde tarımı yapılmaktadır.

Darılar ülkemizin batı bölgelerinde buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir. Sıcak yaz aylarında hızlı bir gelişme ile kısa zamanda kaliteli kaba yem üretirler [6, 7].

Bu araştırmada, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgelerde yaz döneminde yetiştirilebilecek bir yıllık sıcak mevsim buğdaygil yem bitkisi türlerinden olan kum darı (*Panicum miliaceum* L.) 'nın bazı genotiplerinin Çukurova koşullarındaki performansları araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada Uluslararası Yarı Kurak Tropik Bölge Tarımsal Araştırma Enstitüsünden (ICRISAT) temin edilen 11 adet kum darı (*Panicum miliaceum* L.) genotipi materyal olarak kullanılmıştır.

Bu araştırma, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Araştırma ve Uygulama Alanında, Haziran-Ekim 2017 döneminde yürütülmüştür.

Araştırmanın yürütüldüğü Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanı toprakları Arıklı toprak serisi olup, 0-15 ve 15-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda; pH'nın 7,38-7,51 arasında (hafif alkali), toplam tuz %0,24-0,27 (hafif tuzlu), N % 0,11-0,18 (yeterli), organik karbon (OC) % 0,80-0,90 (çok az), fosfor 0,70-0,78 mg/kg (çok az), kireç içeriği (CaCO₃) %33,5-34,0 (çok kireçli), kum;

%24-28, silt % 42-43, kilin ise %30-33 arasında değiştiği ve toprak tekstür sınıfının killi-tın (CL) yapısında olduğu saptanmıştır.

Denemenin yürütüldüğü Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün bulunduğu Adana ilinde tipik Akdeniz iklimi hakim olup,, kışları ılık ve yağışlı, yaz dönemi sıcak ve kurak geçmektedir. Adana Meteoroloji İl Müdürlüğü kayıtlarına göre aylık ortalama sıcaklık değerleri deneme yılında uzun yıllar ortalamasından daha yüksek seyretmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü dönemde deneme alanına düşen toplam yağış miktarı (116,7 mm) uzun yıllar ortalamasına (140,3) göre daha düşük olmuştur. Deneme yılında aylara göre nispi nem değeri Haziran ve Eylül ayı dışında uzun yıllar ortalamalarından daha düşük seyretmiştir.

Denemede; kum darı (*Panicum miliaceum* L.) genotipleri sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde 5 m uzunluğundaki sıralara birer sıra halinde ekilmiştir. Ekim işlemi 15 Haziran 2017 tarihinde yapılmıştır. Ekimden önce deneme alanı pullukla sürülmüştür. Daha sonra goble-disk çekilerek kesekler parçalanmıştır. Sonra parselleme yapıp, ekimden önce parsellerin tesviyesi tırmıkla yapılarak, taş ve kesekler uzaklaştırılmış ve el markörü çekilerek çiziler oluşturulmuştur. Deneme parsellerinde dekara 25 kg saf azot, 10 kg P₂O₅ ve 10 kg K₂O olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Azotun yarısı ile fosfor ve potasyumun tamamı ekimle birlikte tabana, azotun diğer yarısı da bitkiler 20-25 cm boya ulaştığında sıra aralarına uygulanmıştır. Ekim, tavlı toprağa yapılmış, çıkış için yağmurlama sulama yapılmıştır. Bitkilerin çıkışından sonra damla sulama sistemi ile sulamaya devam edilmiştir.

Deneme parsellerinde; her genotipe ait parselde parseldeki bitkilerin %50'sinin çıktığı tarih ile % 50 çiçeklendiği tarih arasındaki süre % 50 çiçeklenme süresi olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, her parselde tesadüfi olarak seçilen 5 bitkide toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar olan kısım bitki boyu olarak kaydedilmiştir. Denemede hasat bitkilerin salkım çıkarma döneminde genotiplere bağlı olarak 24.07.2107-16.08.2107 tarihleri arasında yapılmıştır. Hasat zamanında her genotipe ait parselde bitkilerin salkım çıkardığı dönemde tesadüfi olarak seçilen 5 bitki toprak yüzeyinden biçilmiş ve her bitkiden hasat edilen ot ayrı ayrı tartılmıştır. Her genotipte yeşil ot verimi belirlenen 5 bitkide kardeş sayısı ve ana saptaki yaprak sayısı sayılmıştır. Her genotipte yeşil ot verimi belirlenen 5 bitkide saplar üzerindeki yapraklar yaprak kınından koparılmış ve saplar ve yapraklar ayrı ayrı tartılmıştır. Her bitkide yeşil ağırlığı belirlenen yaprak ve saplar etüvde 70 °C' de kurutularak ayrı ayrı kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Her bitkide saptanan kuru yaprak ağırlığı ve kuru sap ağırlığının toplamı söz konusu bitki için kuru ot verimi olarak hesaplanmıştır. Her genotipte kuru yaprak ve sap ağırlıkları belirlenen 5 bitkinin her birinde kuru yaprak ağırlığı kuru ot verimine oranlanarak söz konusu bitki için yaprak oranı hesaplanmıştır.

Her genotipin 5 bitkisinin her birinin kuru yaprak ve sapları 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra, öğütülmüş yaprak ve sap örneklerinden alınan 5'er gram örnek 105°C'ye ayarlı etüvde 24 saat kurutulduktan sonra desikatörde soğutularak hassas terazide tartılmış ve örneklerin kuru madde içerikleri % olarak belirlenmiştir. Her genotipe ait 5 bitkinin her birine ait 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş yaprak ve sap örneklerinde C-0904FE-Hay and Fresh Forage kalibrasyonu kullanılarak The Foss XDS NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) analiz cihazıyla ham protein, ADF, NDF, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve potasyum oranları saptanmıştır. Her bitkinin yaprak ve sapı için saptanan söz konusu değerler kuru madde oranlarından yararlanılarak yaprak ve saptaki kuru madde esasına göre hesaplanmış ve söz konusu kalite özelliklerinin yaprak ve saptaki oranları ile yaprak oranından yararlanılarak tüm bitkinin kuru maddesindeki ham protein oranı hesaplanmıştır.

Her genotipten elde edilen verilere 5 tekrarlamalı tesadüf parselleri deneme desenine [8] göre varyans analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli çıkan özellik ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılmıştır. İncelenen özellikler arasındaki ikili ilişkiler korelasyon katsayıları belirlenerek saptanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. % 50 Çiçeklenme Süresi (gün)

İncelenen genotiplerde % 50 çiçeklenmeye kadar geçen süre 35 ile 60 gün arasında değişmiştir (Tablo 1). 3 nolu IPM 2270 genotipi geçciliği ile göze çarpmıştır. Söz konusu genotip toprak yüzüne çıkıştan yaklaşık 2 ay sonra çiçeklenmiştir. Buna karşılık 1, 2, 5, 7 ve 8 nolu genotipler 1 ay, diğer genotipler ise 1.5 ayda çiçeklenme dönemine erişmişlerdir.

Genotiplerin % 50 çiçeklenmeye erişme süreleri ile ilgili bulgular, kum darısının ekimden 36-45 günde çiçeklenmeye eriştiğini bildiren Kaume [9] ve Tran[10]'nin bildirişleri, Hindistan'da 833 kum darı genotipinde çiçeklenmeye erişme süresinin 26-50 gün arasında değiştiğini saptayan Upadhyaya ve ark.[11] ve Nepal'de 42 kum darı genotipinde çiçeklenmeye erişme süresinin 28-57 gün arasında değiştiğini saptayan Ghimire ve ark. [12]'nin bulguları ile uyumludur.

3.2. Bitki Boyu (cm)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama bitki boyu 72,2 cm ile 142,8 cm arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). Üç nolu ve IPM 2270 kodlu kum darısı genotipi 142,8 cm bitki boyu ile 1 nolu kum darısı genotipi dışındaki incelenen diğer genotiplerden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek bitki boyu göstermiştir. 7 nolu ve IPM 2635 kodlu kum darısı genotipi ise 72,2 cm bitki boyu ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük bitki boyu göstermiştir.

Araştırmada saptanan kum darısı genotiplerindeki bitki boyu değerleri; kum darısının 30-100 cm ye kadar boyulanabildiğini bildiren Baltensperger ve ark.[13]'nin bildirişleri, Hindistanda inceledikleri 833 kum darı genotipinde bitki boyunun 20-133 cm arasında değiştiğini saptayan Upadhyaya ve ark. [11]'nin bulguları ve Nepalde 42 kum darısı gemotipinde bitki boyunun 80-155 cm arasında değiştiğini saptayan Ghimire ve ark. [12]'nin bulguları ile uyumludur.

3.3. Kardeş Sayısı (adet/bitki)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama kardeş sayısı 5,4 ile 42,2 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1).

10 nolu ve IPM 1586 kodlu kum darısı genotipi 42,2 kardeş sayısı ile incelenen diğer genotiplerden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek kardeşlenme göstermiştir. 2 nolu ve IPM 2867 kodlu kum darısı genotipi ise 5,4 kardeş sayısı ile 3 nolu kum darısı genotipi dışındaki incelenen diğer genotiplere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük kardeşlenme göstermiştir.

Araştırmada kum darısı genotiplerinde saptanan kardeş sayısı değerleri; 30 ülke orjinli kum darı genotiplerinde kardeş sayısının 1-32 arasında değiştiğini saptayan Upadhyaya ve ark. [11]'nin bulguları ile uyumludur.

3.4. Yaprak Sayısı (adet/ana sap)

İncelenen genotiplerde ortalama ana sapta yaprak sayısı 7,2 ile 16,0 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 6 nolu ve IPM 2797 kodlu genotip ana sapta 16,0 adet yaprak ile 7 nolu genotip dışındaki incelenen diğer genotiplerden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek ana sapta yaprak sayısı göstermiştir. 4 nolu ve IPM 2230 kodlu genotip ise ana sapta 7,2 yaprak sayısı ile incelenen diğer genotiplere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük ana sapta yaprak sayısı göstermiştir.

3.5. Yeşil Ot Verimi (g/bitki)

İncelenen kum darısı genotiplerinde bitki başına yeşil ot verimi 112,2 ile 790,2 g arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 11 nolu ve IPM 2875 kodlu kum darısı genotipi bitki başına 790,2 g yeşil ot verimi ile incelenen diğer genotiplerden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek yeşil ot verim vermiştir. 7 nolu ve IPM 2635 kodlu kum darısı genotipi ise 112,2 g bitki başına yeşil ot verimi ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük bitki başına yeşil ot verimi vermiştir.

Tablo 1. Kum Darısı Genotiplerinde İncelenen Özelliklerle İlgili Ortalama Değerler

GK	%50Ç	BB	KS	YS	YOV	KOV	YO	HPO	ADF	NDF	P	Ca	Mg	K
IPM 2897	36	139,2 ab ¹	9,2 e ¹	10,2 e ¹	320,8 c ¹	77,4 c ¹	48,7 b ¹	20,2 ab ¹	28,7 e ¹	60,0 d ¹	0,416 bc ¹	0,824 a ¹	0,393 a ¹	3,845 a-d ¹
IPM 2867	36	135,8 b	5,4 f	10,4 e	215,8 g	47,3 g	35,2 d	16,3 e	33,6 b	64,8 c	0,395 de	0,607 ef	0,315 ef	3,552 f
IPM 2270	60	142,8 a	8,0 ef	10,8 de	289,6 d	68,1 e	35,5 d	19,5 bc	33,9 b	65,3 bc	0,392 de	0,707 b	0,324 c-e	3,528 f
IPM 2230	43	88,6 e	16,6 d	7,2 f	254,0 f	63,1 f	36,2 d	16,5 e	36,3 a	70,6 a	0,419 b	0,580 g	0,319 d-f	3,907 ab
IPM 2171	35	89,6 e	17,8 d	10,8 c-e	136,0 I	31,5 j	23,7 f	18,3 d	32,7 bc	65,6 bc	0,402 cd	0,648 d	0,306 f	3,907 ab
IPM 2797	49	127,2 c	24,6 c	16,0 a	266,6 e	72,7 d	31,2 e	16,8 e	32,7 bc	66,8 bc	0,381 ef	0,689 c	0,308 f	3,174 g
IPM 2635	37	72,2 g	23,2 c	14,6 ab	112,2 j	28,6 j	19,7 h	20,5 a	31,4 cd	65,2 bc	0,404 cd	0,597 f	0,329 cd	3,817 b-d
IPM 2858	36	130,0 c	9,0 e	9,4 e	481,2 b	95,2 b	51,9 a	20,2 ab	30,0 de	65,2 bc	0,423 ab	0,713 b	0,365 b	3,865 a-c
IPM 2093	43	89,2 e	29,0 b	13,2 bc	178,2 h	39,0 h	21,2 g	19,2 c	34,1 b	67,4 b	0,397 d	0,457 h	0,270 h	3,964 a
IPM 1586	43	82,2 f	42,2 a	13,0 b-d	113,6 c	35,5 I	21,1 g	18,0 d	31,1 cd	66,7 bc	0,373 f	0,460 h	0,334 c	3,730 de
IPM 2875	41	121,8 d	18,0 d	11,6 c-e	790,2 a	165,9 a	38,2 c	17,5 d	34,5 b	66,6 bc	0,434 a	0,614 e	0,286 g	3,762 c-e
ORT	41,7	110,78	18,4	11,5	287,1	65,8	33,0	18,4	32,6	65,5	0,403	0,627	0,323	3,711

1) Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar Duncan testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

%50Ç=%50 Çiçeklenme gün sayısı, BB= Bitki boyu (cm), YS= Ana sapta yaprak sayısı (adet), KS= Kardeş sayısı/bitki, YOV= Yeşil Ot Verimi, KOV= Kuru ot verimi, YO= Yaprak oranı (%), ADF= %, NDF= %, HPO= Ham protein içeriği (%), P= Fosfor içeriği (%), K= Potasyum içeriği (%), Ca= Ca içeriği (%), Mg= Mg içeriği, G.K=Genotip Kodu

3.6. Kuru Ot Verimi (g/bitki)

İncelenen kum darısı genotiplerinde bitki başına kuru ot verimi 28,6 ile 165,9 g arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 11 nolu ve IPM 2875 kodlu kum darısı genotipi bitki başına 165,9 g kuru ot verimi ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek kuru ot verimi vermiştir. 7 nolu ve 2635 kodlu kum darısı genotipi ise bitki başına 28,6 g kuru ot verimi ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük kuru ot verimi göstermiştir.

3.7. Yaprak Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama yaprak oranı %19,7 ile 51,9 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 8 nolu ve IPM 2858 kodlu kum darısı genotipi %51,9 yaprak oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek yaprak oranı göstermiştir. 7 nolu ve IPM 2635 kodlu kum darısı genotipi ise %19,7 yaprak oranı ile incelenen diğer genotiplere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük yaprak oranı göstermiştir.

3.8. Kuru Maddede Ham Protein Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde kuru madde de ortalama ham protein oranı %16,3 ile 20,5 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 7 nolu ve IPM 2635 kodlu kum darısı genotipi %20,5'lik kuru madde de ortalama ham protein oranı ile 2,3,4,5,6,9,10 ve 11 nolu kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek ham protein oranı ortalaması göstermiştir. 2 nolu ve IPM 2867 kodlu kum darısı genotipi ise %16,3'lük ham protein oranı ile 4 ve 6 nolu kum darısı genotiplerinin dışında incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük ortalama kuru madde de ham protein oranı göstermiştir. Yapılan çalışmada kum darısı genotiplerinde saptanan kuru madde de ham protein oranı değerlerinin, %11,5 ila 13,0 arasında değiştiğini ve maksimum %17'i olduğunu bildiren Geervani ve Eggum [14] ve kum darı otunun %4,6- %17,6 ham protein içerdiğini bildiren Tran [10]'ın bildirişleri ile uyumludur.

3.9. ADF Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama ADF oranı % 28,7 ile 36,3 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 4 nolu ve IPM 2230 kodlu kum darısı genotipi % 36,3 ADF oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek ADF oranı göstermiştir. 1 nolu ve IPM 2897 kodlu kum darısı genotipi ise %28,7 ADF oranı ile 8 nolu kum darısı genotipleri dışındaki diğer genotiplere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük

ADF oranı göstermiştir. Araştırmada saptanan kum darısı genotiplerinin ADF oranı değerleri; Mohajer ve ark[15]'nin üç darı çeşidinde saptadıkları %26,75-33,72 arasında değişen ADF oranları, Berhane ve ark [16]'nın yaptıkları çalışmada kum darısı için saptadıkları %33,7-37,4 arasında değişen ADF oranları ve kum darıda ADF oranının %12,9-48,9 arasında değiştiğini bildiren Tran [10]'ın bildirişi ile uyumludur.

3.10. NDF Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama NDF oranı %60,0 ile 70,6 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 4 nolu ve IPM 2230 kodlu kum darısı genotipi %70,6 NDF oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek NDF oranı göstermiştir. 1 nolu ve IPM 2897 kodlu kum darısı genotipi ise %60 NDF oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük NDF oranı göstermiştir. Araştırmada saptanan kum darısı genotiplerinin NDF oranı değerleri; Tran[10]'ın kum darısı için bildirdiği %33,6-81,6 arasında değişen NDF değerleri ile uyumludur.

3.11. Fosfor (P) Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama fosfor oranı %0,373 ile %0,434 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 11 nolu ve IPM 2875 kodlu kum darısı genotipi %0,434 fosfor oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek fosfor oranı göstermiştir. 10 nolu ve IPM 1586 kodlu kum darısı genotipi ise %0,373 fosfor oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük fosfor oranı göstermiştir. Araştırmada kum darısı genotiplerinde saptanan fosfor oranı değerleri; Tran [10]'ın kum darısı kuru maddesi için bildirdiği %0,05- %0,22 değerlerinin üzerindedir. Bu duruma neden olarak, araştırmalar arasındaki ekolojik koşullar, genotipler, yetiştirme teknikleri ve fosfor içeriği belirleme yöntemleri açısından farklılıklar gösterilebilir.

3.12. Kalsiyum (Ca) Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama kalsiyum oranı %0,457 ile %0,824 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 1 nolu ve IPM 2897 kodlu kum darısı genotipi %0,824 kalsiyum oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek kalsiyum oranı göstermiştir. 9 nolu ve IPM 2093 kodlu kum darısı genotipi ise %0,457 kalsiyum oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük kalsiyum oranı göstermiştir. Araştırmada kum darısı genotipleri için saptanan kalsiyum oranı değerleri; Tran [10]'ın kum darı kuru ot kuru maddesi için bildirdiği %0,13-0,79 kalsiyum oranı değerleri ile uyumludur.

3.13. Magnezyum (Mg) Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama magnezyum oranı %0,270 ile 0,393 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 1 nolu ve IPM 2897 kodlu kum darısı genotipi %0,393 magnezyum oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek magnezyum oranı göstermiştir. 9 nolu ve IPM 2093 kodlu kum darısı genotipi ise %0,270 magnezyum oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük magnezyum oranı göstermiştir. Araştırmada kum darısı genotipleri için saptanan magnezyum oranı değerleri Tran [10]'ın kum darısı ot kuru maddesi için bildirdiği %0,300 - %0,400 değerleri ile uyumludur.

3.14. Potasyum (K) Oranı (%)

İncelenen kum darısı genotiplerinde ortalama potasyum oranı %3,174 ile 3,964 arasında değişmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 1). 9 nolu ve IPM 2093 kodlu kum darısı genotipi %3,964 potasyum oranı ile 2,3,6,10 ve 11 nolu kum darısı genotiplerinden istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek potasyum oranı göstermiştir. 6 nolu ve IPM 2797 kodlu kum darısı genotipi ise %3,174 potasyum oranı ile incelenen diğer kum darısı genotiplerine göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük potasyum oranı göstermiştir. Araştırmada saptanan potasyum oranı değerleri Tran [10]'ın kum darısı kuru maddesi için bildirdiği %0,19-%2,92 değerlerinden oldukça yüksektir. Bu duruma neden olarak, araştırmalar arasındaki ekolojik koşullar, genotipler, yetiştirme teknikleri ve potasyum içeriği belirleme yöntemleri açısından farklılıklar gösterilebilir.

3.15. İncelenen özellikler Arasındaki İlişkiler

Kum darısı genotiplerinde incelenen özellikler arasındaki ikili ilişkiler için saptanan korelasyon katsayıları Tablo 2'de verilmiştir.

Çizelgede izlendiği gibi, bitki boyu ile kardeş sayısı, NDF oranı ve K oranı arasında çok önemli olumsuz ilişki, bitki boyu ile yeşil ot verimi, yaprak oranı, kuru ot verimi, Ca oranı ve Mg oranı arasında çok önemli olumlu ilişki olduğu saptanmıştır.

Kardeş sayısı ile ana sapta yaprak sayısı ve NDF oranı arasında çok önemli olumlu ilişki, kardeş sayısı ile yaprak oranı, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, NDF oranı, P ve Ca oranı arasında çok önemli olumsuz ilişki, kardeş sayısı ile magnezyum oranı arasında ise önemli olumlu ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Ana sapta yaprak sayısı ile yeşil ot verimi ve fosfor oranı arasında çok önemli olumsuz ilişki, yaprak sayısı ilse K içeriği arasında ise önemli olumsuz ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Yaprak oranı ile yeşil ot ve kuru ot verimi, P, Ca ve Mg

içeriği arasında çok önemli olumlu ilişki, yaprak oranı ile NDF oranı arasında çok önemli olumsuz ilişki olduğu saptanmıştır.

Yeşil ot verimi ile kuru ot verimi ve kuru maddenin P içeriği arasında çok önemli olumlu ilişki, yeşil ot verimi ile kuru maddenin Ca içeriği arasında ise önemli olumlu ilişki olduğu saptanmıştır.

Kuru ot verimi ile P içeriği arasında çok önemli, kuru ot verimi ile Ca içeriği arasında ise önemli olumlu ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Kuru maddenin ham protein içeriği ile NDF ve ADF içeriği arasında çok önemli olumsuz ilişki, kuru maddenin ham protein oranı ile K ve Mg içeriği arasında çok önemli, Ca içeriği arasında önemli olumlu ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.

Ot kuru maddesinin ADF içeriği ile NDF içeriği arasında çok önemli olumlu ilişki, ADF içeriği ile Ca ve Mg içeriği arasında çok önemli olumsuz ilişki olduğu saptanmıştır.

Ot kuru maddesinin NDF içeriği ile Ca ve Mg içeriği arasında çok önemli olumsuz ilişki olduğu saptanmıştır.

Ot kuru maddesinin P içeriği ile K içeriği arasında çok önemli, P içeriği ile Ca içeriği arasında önemli olumlu ilişki olduğu saptanmıştır.

Ot kuru maddesinin Ca içeriği ile Mg içeriği arasında çok önemli olumlu ilişki olduğu saptanmıştır.

4. SONUÇ

Yukarıda açıklanan araştırma sonuçlarına dayanılarak, kum darısının Çukurova'nın sulanan koşullarında yaz döneminde bölge hayvancılığının kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanması amacıyla başarıyla yetiştirilebileceği, incelenen genotipler arasında 11 nolu IPM 2875 kodlu genotipin ümitvar olduğu, türün bölge koşullarında başarılı bir şekilde yetiştirilebilmesi için yetiştirme tekniklerinin saptanmasına yönelik araştırmaların yürütülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

NOT: Zeyni DAĞTEKİN'in Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir

Tablo 2. Kumdarı Bitkisinde İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	KS	YS	YO	YOV	KOV	HPO	ADF	NDF	P	K	Ca	Mg
BB	-0,686**	-0,167	0,754**	0,498**	0,513**	-0,027	-0,135	-0,473**	0,125	-0,399**	0,708**	0,301*
KS		0,468**	-0,694**	-0,339*	-0,297*	-0,064	-0,010	0,408**	-0,459**	0,041	-0,707**	-0,306*
YS			-0,490**	-0,200	-0,164	0,060	-0,051	0,104	-0,454**	-0,363*	-0,207	-0,231
YO				0,626**	0,618**	0,120	-0,248	-0,523**	0,549**	0,071	0,731**	0,550**
YOV					0,988**	-0,045	0,080	-0,163	0,642**	0,068	0,317*	-0,020
KOV						-0,096	0,090	0,123	0,596**	-0,005	0,340*	-0,013
HPO							-0,581**	-0,597**	0,135	0,381**	0,279*	0,441**
ADF								0,793**	0,043	-0,048	-0,379**	-0,645**
NDF									-0,198	-0,070	-0,614**	-0,659**
P										0,487**	0,321*	0,131
K											-0,238	0,138
Ca												0,587**

BB= Bitki boyu (cm). YS= Ana sapta yaprak sayısı (adet). KS= Kardeş sayısı/bitki. YOV= Yeşil Ot Verimi. KOV= Kuru ot verimi. YO= Yaprak oranı (%). ADF= %. NDF= %. HPO= Ham protein içeriği (%). P= Fosfor içeriği (%). K= Potasyum içeriği (%), Ca= Ca içeriği (%), Mg= Mg içeriği, *) P≤0.05 hata sınırları içinde önemli; **) P≤0.01 hata sınırları içinde önemli

KAYNAKLAR

- [1] Serin Y, Tan M. Yem Bitkileri Kültürüne Giriş. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 206, 2001
- [2] Yolcu H, Tan M. Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. Tarım bilimleri Dergisi 2008;14 (3): 303-312.
- [3] Açıkgöz E. Yem Bitkileri (3. Baskı). Uludağ üniversitesi güçlendirme vakfı, yayın No 182, 2001.
- [4] Açıkgöz E, Hatipoğlu R, Altınok S, Sancak C, Tan A, Uraz D. Yem bitkileri üretimi ve sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 2005 ; 503-518.
- [5] Altın M, Gökkuş A, Koç A. Çayır Mera Islahı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Çayır Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara, 468s, 2005.
- [6] Asgharipour M, Tavssoli A. Effect of irrigation with wastewater and foliar fertilizer application on some forage characteristics of foxtailmillet (*Setaria italica*). International Journal of Plant Physiology and Biochem, 2012; 3(3): 34-42.
- [7] Serin Y, Tan M. Buğdaygil Yembitkileri. Atatürk Üniv. Yay. No: 859, Ziraat Fak. Yay. No: 334, Ders Kit. No: 81, Erzurum, 263 s., 2014.
- [8] Yurtsever N. Deneysel İstatistik Metotları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 121 Teknik Yayın No 56,800s, 2011.
- [9] Kaume RN. *Panicum miliaceum* L.. Record from Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands, 2006.
- [10] Tran G. Proso millet (*Panicum miliaceum*), forage. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/409> Last updated on September 1, 2017, 23:02
- [11] Upadhyaya HD, Sharma S, Gowda CLL, Reddy VG, Singh S. Developing proso millet (*Panicum miliaceum* L.) core collection using geographic and morpho-agronomic data. Crop & Pasture Science 2011; 62: 383–389.
- [12] Ghimire KH, Joshi BK, Dhakal R, Sthapit BR. Diversity in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) landraces collected from Himalayan mountains of Nepal. Genet Resour Crop Evol 2018; 65:503–512.
- [13] Baltensperger DD. Progress with proso, pearl and other millets. Trends in new crops and new uses 2002, 100-103.
- [14] Geervani P, Eggum BO. Nutrient composition and protein quality of minor millets. Plant Foods Hum Nutr. 1989; 39: 201-208.
- [15] Mohajer S, Ghods H, Taha RM, Talati A. Effect of different harvest time on yield and forage quality of three varieties of common millet (*Panicum miliaceum*). *Scientific Research and Essays*, 2012; 7(34), 3020-3025.
- [16] Berhane G, Eik LO, Tolera A. Chemical composition and in vitro gas production of vetch (*Vicia sativa*) and some browse and grass species in northern Ethiopia. African Journal of Range and Forage Science, 2006; 23(1): 69-75.



Determination of Biological Activity, Lipophilic and Volatile Organic Compounds of Bingöl Propolis Isolates

Dilhun Keriman ARSERİM-UCAR^{1*}, İbrahim Halil GECİBESLER², Mert SUDAGIDAN³, İnan DURSUN^{4,5},
 Veysel SÜZERER⁶, Ramazan SOLMAZ²

¹ Bingöl University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetics Department, Bingöl, Turkey

² Bingöl University, Faculty of Health Sciences, Occupational Health and Safety Department, Bingöl, Turkey

³ Konya Food and Agriculture University, Kit-Argem R&D Center, Konya, Turkey

⁴ Bingöl University, Unit of Pilot University Coordination Center, Bingöl, Turkey

⁵ Bingöl University, Center of Research and Application Center, Bingöl, Turkey

⁶ Bingöl University, Department of Pharmacy Sciences, Vocational School of Health Services, Bingöl, Turkey

Dilhun Keriman ARSERİM-UCAR ORCID No: 0000-0001-8011-5059

İbrahim Halil GECİBESLER ORCID No: 0000-0002-4473-2671

Mert SUDAGIDAN ORCID No: 0000-0002-3980-8344

İnan DURSUN ORCID No: 0000-0003-1717-8166

Veysel SÜZERER ORCID No: 0000-0001-5383-4613

Ramazan SOLMAZ ORCID No: 0000-0002-9295-1203

*Sorumlu yazar: kerimanarserim@gmail.com

(Alınış: 02.08.2020, Kabul: 21.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Bingöl Propolis,
 Propolis Isolates,
 Propolis
 Essential Oil,
 Biological
 Activity,
 Volatile Organic
 Compounds

Abstract: In this study, the biological activity and chemical composition of Bingöl propolis were investigated. The isolates, including ethanol isolate (EI), hexane isolate (HI), and essential oil isolate (EOI), were prepared from raw propolis. The lipophilic and volatile organic compounds in isolates were analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GS-MS) measurements. Bingöl propolis isolates showed antimicrobial activity against reference pathogen bacterial strains, including *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (NRRL-B-3711) *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium (ATCC 14028), while *B. cereus* was observed to be the most susceptible bacteria to all tested propolis isolates. It was observed that EI showed the highest antimicrobial and antioxidant activity compared to other isolates. The presence of bioactive components in the lipophilic and essential oil isolates of Bingöl propolis may have contributed to the biological activity of propolis. Bingöl propolis isolates (EI and EOI) obtained in this study have the potential to be used as natural preservatives in food systems.

Bingöl Propolis İzolatlarının Biyolojik Aktivitesinin, Lipofilik ve Uçucu Organik Bileşenlerinin Belirlenmesi

Anahtar Kelimeler

Bingöl Propolisi,
 Propolis
 İzolatları,
 Propolis Uçucu
 Yağı, Biyolojik
 Aktivite, Uçucu
 Organik
 Bileşenler

Öz: Çalışmada Bingöl Propolis izolatlarını biyolojik aktivitesi ve kimyasal bileşimi araştırılmıştır. Propolisin etanol izolatı (Eİ), hekzan izolatı (Hİ) ve uçucu yağ izolatı (UYİ) ham propolisten hazırlanmıştır. İzolatların lipofilik ve uçucu organik bileşenleri Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi (GC-MS) ile analiz edilmiştir. Bingöl Propolis izolatları *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus cereus* (NRRL-B-3711) *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium (ATCC 14028) referans patojen bakteri suşlarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterirken, test edilen tüm propolis izolatlarına en duyarlı bakteri *B. Cereus* olduğu gözlenmiştir. Eİ izolatının diğer izolatlara kıyasla en yüksek antimikrobiyal ve antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bingöl propolisinin lipofilik ve uçucu yağ izolatlarında biyoaktif bileşen varlığının, propolisin biyolojik aktivitesine katkıda bulunduğu değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen Bingöl propolisi (Eİ ve UYİ) izolatlarının gıda sistemlerinde doğal koruyucular olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

1. INTRODUCTION

Bee products had attracted considerable attention due to their health benefits as a traditional medicine from ancient times. Propolis is one of the most investigated bee products because of its broad array of biological activities, including antimicrobial, antioxidant, anticancer, anti-inflammatory, antiviral, antitumoral activity, and wound healing [1]. Bee propolis which is called "Bee-glue" is a natural resinous substance collected by honey bees from various plant sources for protecting their hives [2]. Propolis composed of 50% resins and balsams, 30% wax, 10% essential and aromatic oils, 5% pollen, and 5% other substances [3-4]. Geography and botanical origins, honey bee species, and harvesting seasons have a bearing on the chemical composition, constitution, color, smell of propolis, as well as biological activity [4-6]. Propolis, considered to be a potential source of naturally occurring compound, contains a wide variety of chemical compounds such as sugars, alcohols, aldehydes, aliphatic acids/esters, amino acids, steroids, aromatic esters/acids, volatile organic compounds, ketones, chalcones and dihydrochalcones, flavanones, flavones and flavonols, hydrocarbon esters, ethers, terpenoids, hydroxy and keto waxes and waxy acids [2, 7-8]. The major extracted bioactive compound is varied in amount and type depends on the used extraction process associated with used solvents type and polarity. Biologic activity of propolis extracts from different solvents, including water, ethanol, and other solvent fractions and constituents have been already reported in several studies [6, 9-12]. However, information regarding the propolis oils constituents [13-15] and biological activity such as antifungal [16] and antimicrobial activity [17] were scarce. In addition, propolis extracts antibacterial activity has been documented in several studies, such as against food-borne pathogens [5], plant bacterial pathogens [18], honeybee pathogen *Paenibacillus larvae* [19], specific oral pathogens [20] and also *varroa mite* [21]. Not only the extract but also propolis oil and the volatile constituents exhibited high antimicrobial activity. The study of Melliou et al. [22] reported the antibacterial activity of volatile components of propolis against six bacteria and three fungi. The research performed by Sinott et al.[23] demonstrated the effect in vitro anthelmintic activity of propolis essential oil.

Propolis contains natural antioxidant compounds that capable of reducing activity, chelating properties, and hydrogen atom transfer act as a defensive mechanism against free radicals [7]. The antioxidant activity of propolis extracts from different solvents, including ethanol extracts [24-25] and water extracts [7, 11], possessed potent antioxidant activity. Antioxidant capacity of propolis associated with its high contents of phenolic and flavonoids (bioactive) compounds, which has great potential as natural and safe antioxidants for food applications.

To the best of our knowledge, the biological activity and volatile constituents of propolis oil from Bingöl province have not been reported. This work is aimed to

investigate the biological activity of Bingöl propolis isolates. Moreover, propolis isolates of Bingöl province were tested for antioxidant and antibacterial activity against reference pathogen bacteria, including *S.aureus*, *B. cereus*, *E.coli*, and *S.thyphimurium*. Furthermore, volatile organic compounds and lipophilic components of Bingöl propolis isolates were investigated.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Sampling

The propolis in the beehives were harvested by beekeepers from the central locations (39° 00' 739" N and 40° 15' 190" E) of Bingöl province at an altitude of 1810 m during June-July 2019. The harvested propolis samples were taken into amber glass flasks and stored at -20 °C. Lamiaceae, Fabaceae, Asteraceae, Apiaceae, Boraginaceae, and Brassicaceae were the dominant plant families in the localities where propolis samples were collected [26-27].

2.2. Isolate Preparation Processes

2.2.1. Essential oil isolate

To obtain the volatile organic compounds of Bingöl propolis, 2 kg of powdered raw propolis was dissolved in 2.2 L of distilled water in a 5 L glass flask, and was added on it. Clevenger apparatus was mounted on the glass flask, and a jacket heater was used for heat treatment [28]. Extraction was continued for 4 hours to obtain volatile propolis components. Cooled circulator (-25°C) used for the condensation process. The essential oil obtained at the end of extraction was taken to the organic n-hexane phase and dried with anhydrous sodium sulfate. The amount of propolis essential oil (EOI) obtained was recorded as 187 mg. Propolis essential oil was taken in a brown colored vial covered with aluminum foil on the outside and stored at + 4°C for biological activity and chemical analysis.

2.2.2. Organic isolates

To obtain the *n*-hexane isolate, 100 g of powdered propolis was added to the glass flask, and 500 mL of *n*-hexane was added. Extraction was carried out at 22 °C using a magnetic stirrer. The same processes were repeated three more times, and the extraction process was terminated after repetitions [29]. At the end of the extraction process, *n*-hexane extract and propolis pulp were separated using filter paper. The extraction process was continued by adding 500 mL of ethanol on the remaining propolis pulp. The extraction with ethanol procedure was the same as the physical conditions in the *n*-hexane extraction procedure. At the end of extraction, propolis pulp and ethanol extract were separated by filtration. The solvents in the *n*-hexane and ethanol extracts were removed under low pressure so that the heat treatment temperature did not exceed 35°C with the aid of the rotary evaporator. The amounts of dry isolates obtained as a result of solvent removal from *n*-hexane and ethanol extracts were recorded as 3.48 g

and 7.85 g, respectively. Dry isolates were taken in amber vials covered with aluminum foil and stored for bioactivity and chemical analysis at + 4°C.

2.3. Esterification Process

The esterification process of the *n*-hexane and ethanol isolates was carried out according to the appropriate literature [30]. 0.5 g of each of *n*-hexane and ethanol isolates were taken into separate glass flasks. 5 mL of methanol: sulphuric acid: toluene (2:1:1;v:v:v) was added and treated for 12 hours at 160 rpm in a 50°C water bath. At the end of the period, 3 ml of distilled water was added to the reaction medium and mixed. It was shaken vigorously using 3 mL of diethyl ether to remove the esterification fraction in the reaction mixture. After phase separation, anhydrous sodium sulfate was added to the organic phase to remove moisture from the organic phase. After the organic phase was filtered through 0.22 µm PTFE filter, it was taken into amber vials and ready for chemical analysis.

2.4. Lipophilic and Volatile Component Analysis

Agilent brand (7890A GC and 5975C MS) gas chromatography-mass spectrometer GC-MS was used to analyze the lipophilic and volatile components contained in Bingöl propolis. In the mass analysis, the FID detector was used simultaneously with an MS detector. SGE GC capillary column (100m x 250 µm x 0.25 µm) was used as the column. The lipophilic component analysis conditions were as follows: sample injection volume was performed as 1 µL in non-split mode. The flow rate of the carrier gas from the column was set to 1 mL/min. The column oven temperature is kept constant at 120°C for 8 minutes, then it starts from this temperature and reaches 252 °C in 3°C/min increments and is kept there for 10 min. The total analysis time was 62 minutes, for volatile organic components was performed by GC-MS spectrometer, which is used in the analysis of lipophilic components. The volatile organic component analysis conditions were as follows: the injection volume of the sample was 1 µL by selecting 1/10 split mode. The column furnace temperature was initially kept constant at 40 °C for 1 min, then reaches 150°C in an increment of 4°C/min and was held there for 5 min. It then reaches 255°C in increments of 4°C/min, where 10.5 min was expected. The total analysis time was 79 min. MS results were determined by comparing with Wiley and NIST libraries in the memory of the device [31].

2.5. Antimicrobial Activity Test

The antibacterial activity test of the propolis ethanol isolate (EI), propolis essential oil isolate (EOI) and hexane isolate of propolis (HI) against Gram (+) bacteria; *S.aureus* (ATCC 25923), *B. cereus* (NRRL-B-3711) and Gram (-) bacteria; *E.coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium (ATCC 14028) was performed as described by the CLSI (The Clinical and Laboratory

Standards Institute) method [32]. Bacterial cultures were grown on Tryptic Soya Agar (TSA, Oxoid) at 37 °C for 18 h. Bacterial suspensions were adjusted to McFarland 0.5 turbidity in 10 mL sterile 0.9% (w/v) NaCl. The screening of antibacterial activity of propolis isolates (EI, EOI, and HI) was performed by the microdilution method to determine the minimum inhibitory concentrations. A solution of 1 mg/mL propolis isolates samples were prepared with DMSO (Dimethyl sulfoxide, Sigma) as 10% (w/w of propolis). Müller-Hilton broth containing DMSO with bacteria without sample was used as a positive control, and samples without bacteria were used as negative controls. The serial dilutions were prepared with MHB (Müller-Hilton broth, Oxoid). All dilutions were done duplicate. The microwell plates were incubated at 37 °C for 24 h; at the end of incubation, the absorbance (OD) of each well was measured using a microplate reader (SpectraMax®, Plus 384, USA) at 600 nm.

2.6. Antioxidant Activity Test

The antioxidant activity of propolis isolates, including EI, EOI, and HI, was determined using ABTS^{•+} (2,2'-azino bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging assay described by Re et al. [33]. The ABTS reagent at 7 mM concentration was prepared in deionized water. ABTS^{•+} stock solution reacted with 2.45 mM potassium persulfate and standing in the dark at room temperature for 12-16 h. ABTS^{•+} radical solution was diluted with ethanol: water (1:1,v/v) to obtain an absorbance of 0.75-0.80 at 734 nm. A solution of 2 mg/mL isolate sample were prepared in dimethyl sulfoxide: ethanol (2:1, v/v). All determinations for samples and standards were performed in triplicate. The reaction between ABTS^{•+} and isolate samples was conducted in 96 well microplates. The reaction mixture contained 275 µL of diluted ABTS^{•+} and 5 µL sample or Trolox standard. All samples were incubated at 30°C for 6 min before reading. The absorbance was obtained after incubation using a microplate reader (SpectraMax®, Plus 384, USA) at 734 nm. The antioxidant capability to scavenge the ABTS^{•+} represented as percentage ABTS scavenging activity that was calculated by the following equation:

$$\text{ABTS scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}})}{\text{Abs}_{\text{control}}} \times 100 \quad (1)$$

The sample concentrations providing % inhibition was obtained by calibration curve. The different ABTS concentrations (0.003125; 0.00625; 0.0125; 0.025; 0.05; 0.1 mM) was used to obtain the calibration curve, determined by linear regression ($r^2:0.9985$).

2.7. Statistical Analyses

Statistical analysis was performed with Minitab 17 software version, and data analyses were conducted by one-way analysis of variance (ANOVA) by Tukey's

comparison test, $p < 0.05$ was considered as significant. The data were recorded as mean \pm standard deviation.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Volatile Organic Compounds

Gas chromatography-mass spectrometry analysis results showed that Bingöl propolis contains 37 components in terms of volatile organic compounds (Table 1). Bingöl propolis was found to be rich especially in compounds such as simple terpenoids (linalool (1.82%) and prenol (1.20%)), monoterpenes (α -pinene (2.92%), γ -terpinene (2.61%) and (+)-2-carene (1.37%)), sesquiterpenes (α -copaene (4.47%), (+)- δ -cadinene (6.69%), γ -muurolene

(2.62%) ve zonarene (3.10%)) and sesquiterpenoids (epi- α -cadinol (2,35%), γ -eudesmol (3.37%), α -eudesmol (5.14%) ve β -eudesmol (5.62%). In addition, other organic components such as octanal (3.76%), nonanal (8.99%), decanal (12.58%), and prenyl acetate (2.13%), which are found in fragrance components in natural foods such as fruits, vegetables, and plants, were also predominantly analyzed [34]. Whereas, differently, the *p*-vinylanisole (6.64%), which has an aromatic compound, was detected as a dominant component. Moreover, the dimethylvinylcarbinol, which is famous as a pheromone component in bee and other insect species, was also analyzed at a rate of 2.08% (Figure 1).

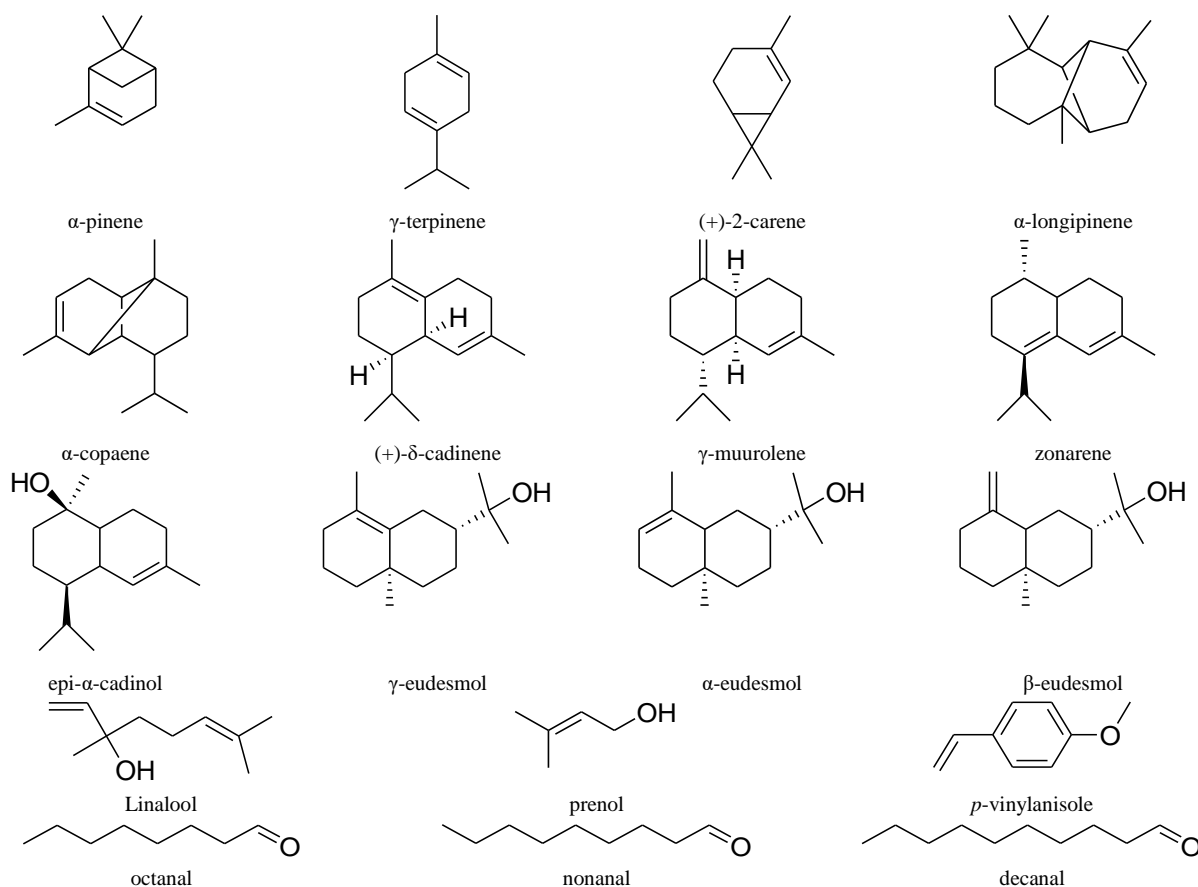


Figure 1. Chemical structures of volatile organic compounds predominantly in Bingöl propolis

Table 1. Volatile organic compounds in the essential oil of Bingöl propolis

RT	Compound name	RA (%)
13.732	Dimethylvinylcarbinol	2.08
14.757	α -Pinene	2.92
15.197	γ -Terpinene	2.61
16.496	(+)-2-Carene	1.37
19.781	Prenyl acetate	2.13
21.514	Prenol	1.20
22.092	Octanal	3.76
23.608	Pentylbenzene	0.97
24.730	Nonanal	8.99

26.098	(Z,Z)- α -Farnesene	0.13
26.532	Linalool	1.82
27.282	Decanal	12.58
28.489	Zonarene	3.10
28.953	α -Longipinene	1.11
29.153	α -Cubebene	0.04
29.857	α -Ylangene	0.09
29.926	α -Muurolene	0.75
30.475	α -Copaene	4.47
30.858	(+)- δ -Cadinene	6.69
32.071	α -Terpineol	0.66

33.279	p-Vinylanisole	6.64
34.200	cis-Calamenene	0.97
36.019	α -Acetoxytoluene	0.93
36.443	10,11-Epoxy-Calamenene	0.71
36.506	1-(N-Methyl-2-Amino-Phenyl)-3-Methyl-1,3-Butadiene	0.18
36.609	α -Calacorene	0.84
42.468	Isoledene	0.75
43.710	1,6-Dimethylnaphthalene	0.04
44.705	Epi- α -Cadinol	2.35
45.077	γ -Eudesmol	3.37
46.136	γ -Muuroleone	2.92
46.571	3,4-Dimethoxystyrene	2.13
46.903	α -Cadinol	2.21
47.927	α -Eudesmol	5.14
48.654	β -Eudesmol	5.62
55.079	Ethyl (2E)-3-[2-(Diethoxyphosphoryl)-4-(Dimethylamino)Phenyl]-2-Propenoate	0.22
58.198	1,13-Tetradecadiene	0.31

*RT: retention time; RA: relative abundant

3.2. Lipophilic Compounds

The lipophilic components of *n*-hexane and ethanol isolates, which are non-esterified forms (HI and EI isolate, respectively) and esterified forms (EHI and EEI isolates respectively) analyzed by GC-MS spectrometer. According to the results of the analysis, Bingöl propolis had a total of 66 lipophilic components (Table 2). GC-MS analysis of both esterified forms and non-esterified forms of the Bingöl propolis isolates showed that they had a very broad lipophilic component content (figure

2). EHI and EIE isolates with esterified forms were obtained to determine the fatty acids and other lipophilic components by volatilizing the lipids contained in Bingöl propolis. HI and EI isolates with non-esterified forms were provide to analyze other organic compounds such as steroid and saponin that Bingöl propolis contains. Bingöl propolis has been found to contain lauric acid (0.24-0.48%), myristic acid (0.51-0.78%), stearic acid (1.75-1.86%) and palmitic acid (8.86-9.34%) components from the saturated fatty acids in EHI and EIE isolates, while it contains oleic acid (10.87-13.19%), linoleic acid (0.85-0.92%) and linolenic acid (0.36-0.43%). The eicosane (27.32%) and docosane (24.33%) components of the HIE isolate, the heneicosane (38.33%), pentacosane (9.12%) and 17-pentatriacontene (10.33%) components in the EIE isolate were the major components, while the tetracosane (13.18-13.7%) component was represented as the major component in both isolates. Similarly, in the HI isolate, the eicosane (30.41%), docosane (15.5%) and tetracosane (18.0%) components were dominant components, while the EI isolate was predominantly containing acyclic hydrocarbons such as pentacosane (9.63%), tetracosane, nonadecane (13.92%), 17-pentatriacontane (22.84%) and 1-nonadecene (8.19%). Unlike these components, α -amyrone (9.16%) and β -amyrin (24.28%) components were also found to be the dominant components in the EI isolate. Considering the lipophilic component variety of Bingöl propolis, it was quite remarkable that it was rich in unsaturated fatty acids such as oleic acid (omega 9), which provides significant benefits to human health in the daily diet, especially in EHI and EEI isolates. These unsaturated fatty acids, such as oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid have been reported to show broad-spectrum biological activity [35-37]. In addition, the many beneficial effects of α -amyrone and β -amyrin and sesquiterpenoids, which are dominant in EI isolate, have also been reported [38-40].

Table 2. Lipophilic components contained in Bingöl propolis

RT	Compound Name	EHI	EEI	HI	EI
12.560	2-Nitrocinnamyl alcohol				1.05
15.709	2-Methyl 1-dodecanol	0.02			
16.121	Octadecene	0.05			
16.212	1-Tetradecene	0.13	0.03		
16.178	Pentafluoropropionic acid, hexadecyl ester			0.1	
16.335	Cyclotetradecane		0.05		
18.433	δ -Cadinene	0.21	0.2	0.1	
18.770	γ -Muuroleone			0.13	
21.116	Lauric acid (C 12:0)	0.48	0.24		
22.078	(E)-9-Octadecene	0.3	0.12		
26.512	Myristic acid (C 14:0)	0.78	0.51		
27.742	Ethyl myristate	0.19			
28.732	Carbonic acid, dodecyl isobutyl ester		0.08		
30.409	2,5-Dimethyl-4-methoxyphenol			0.03	
30.521	(-)- α -Amorphene				0.25

30.670	β -Patchoulene				0.14
31.925	Palmitic acid (C 16:0)	9.34	8.86		
32.440	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene			0.24	
33.012	Ethyl palmitate	1.7			
33.075	γ -Curcumene			0.28	
33.737	6- α -cadin-4,9-diene			0.49	
33.779	α -Selinene		0.11		
34.080	γ -Eudesmol				0.43
34.437	α -Cadinol		0.24	0.63	
34.923	(E)-Methyl cinnamate	0.17	0.11		
35.473	α -Eudesmol	0.24	0.15	0.95	0.97
36.165	β -Eudesmol			0.81	1.05
36.583	Pentadecane			2.97	
36.834	Stearic acid (C 18:0)	1.75	1.86		
37.430	Oleic acid (C 18:1; cis-9; omega 9)	10.87	13.19		
38.276	Ethyl elaidate	1.77			
38.311	(Z)-13-Octadecenal			0.25	
38.791	Linoleic acid (C 18:2; cis, cis-9,12; Omega 6)	0.85	0.92		
38.854	2-Nonadecanone			0.89	
39.478	(Z,Z) 2-Methyl-3,13-octadecadienol	0.09			
39.621	Tetracosane	0.16			
39.713	N-[4-Bromo-N-Butyl] 2-piperidinone			0.27	
39.781	Cyclohexadecane		0.22		
40.559	α -Linolenic acid (C 18:3; all Cis - 9,12,15; Omega 3)	0.36	0.43		
41.761	Eicosane	27.32	1.20	30.41	
43.426	Tricosane	0.14			
44.027	Heneicosane	0.43	38.33	0.3	
44.717	α -Copaene				0.40
45.200	2-[(E)-9-Octadecenyloxy]ethanol	0.15			
45.177	1,13-Tetradecadiene			0.56	
45.206	1,9-Tetradecadiene		0.13		
45.461	Sesquisabinene hydrate				0.29
46.182	Valencene				0.69
49.011	Octadecane		0.27	11.24	
49.314	Methyl 12-oxo-9-dodecenoate	0.41			
50.836	Docosane	24.33		15.5	
52.301	Nonacosane	1.41			
53.365	Pentacosane		9.12	0.76	9.63
53.411	2-Heptadecenal	0.9			
54.830	Tetracosane	13.7	13.18	18.0	5.70
58.164	1,12-Tridecadiene				1.01
58.572	9-Nonadecene			13.54	
59.013	17-Pentatriacontene		10.33		
59.983	Nonadecane				13.92
60.586	Cis-1-chloro-9-octadecene			0.29	
61.565	2,5-Dimethyl-4-Methoxyphenol	0.01			

61.410	Benzyl cinnamate			0.33	
68.252	1-Nonadecene				8.19
69.430	α - Amyrone				9.16
71.679	17-Pentatriacontene				22.84
75.936	β -Amyrin				24.28

*RT: Retention time; EHI: estriflicated *n*-hexane isolate; EEI: estriflicated ethanol isolate; HI: *n*-hexane isolate; I: ethanol isolate.

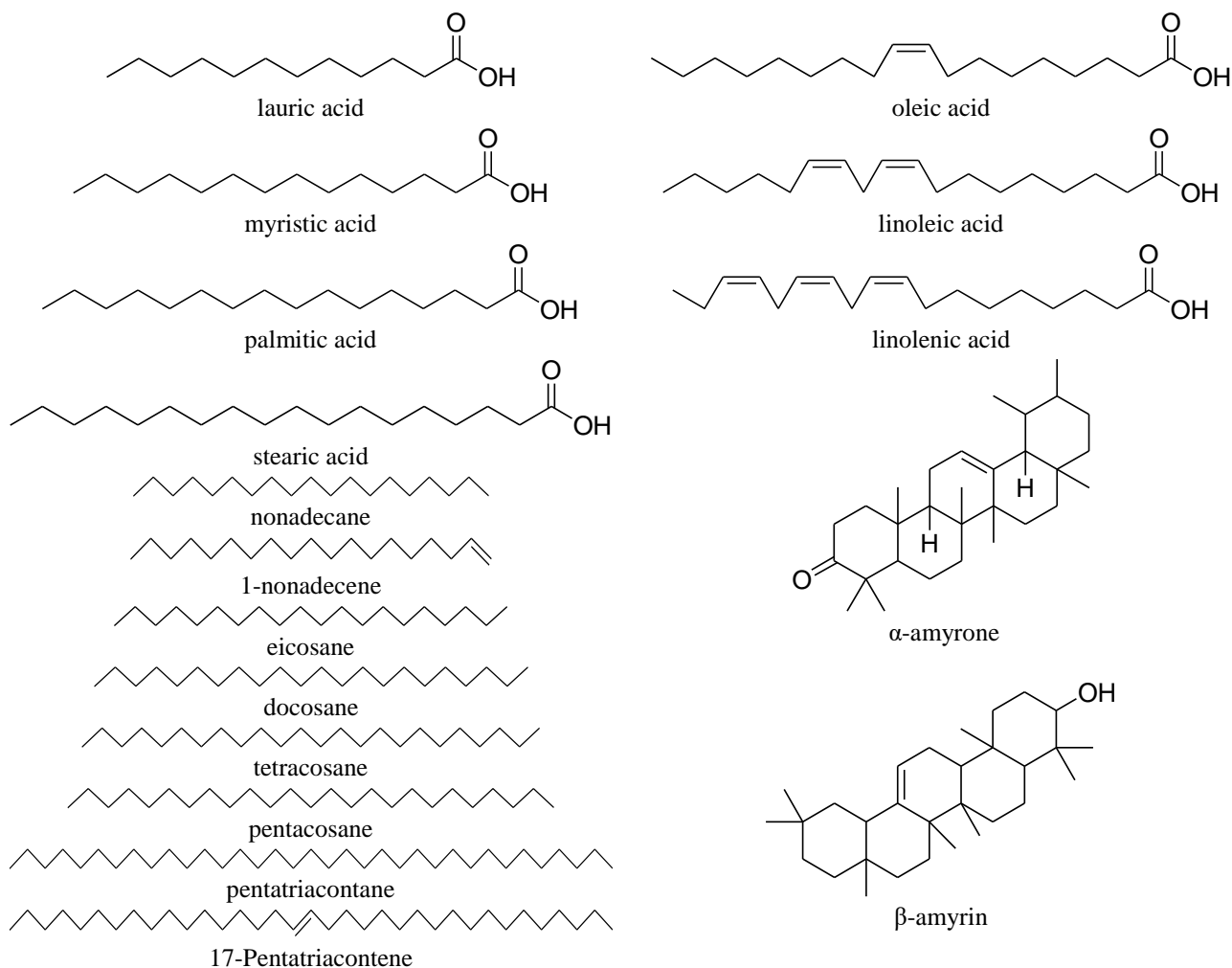


Figure 2. Chemical structures of lipophilic components in Bingöl propolis

The compounds determined in the Bingöl propolis include 17-pentatriacontene, 1-nonadecene, nonadecane, octadecane, 2-nonadecanone were also reported in propolis samples collected from 21 different parts of Turkey [41], benzyl cinnamate, methyl cinnamate, α -pinene, α -copaene, β -eudesmol, α -eudesmol, nonacosane, heneicosane, 2-nonadecanone was found in the Hatay propolis samples [42]. In addition, Bingöl propolis contains the fatty acids of Anatolian propolis, including; lauric acid, myristic acid, palmitic acid, oleic acid, stearic acid, and linoleic acid [43].

3.3. Antimicrobial Activity Test

The antimicrobial activity of propolis isolates were determined using the microdilution method to determine the minimum inhibitory concentrations. The results obtained on the susceptibility of *S.aureus*, *B. cereus*,

E.coli, and *S.thyphimurium* to the isolates, including HI, EI, and EOI, are illustrated in Figure 3. Also, the MICs of each sample can be seen in Table 3.

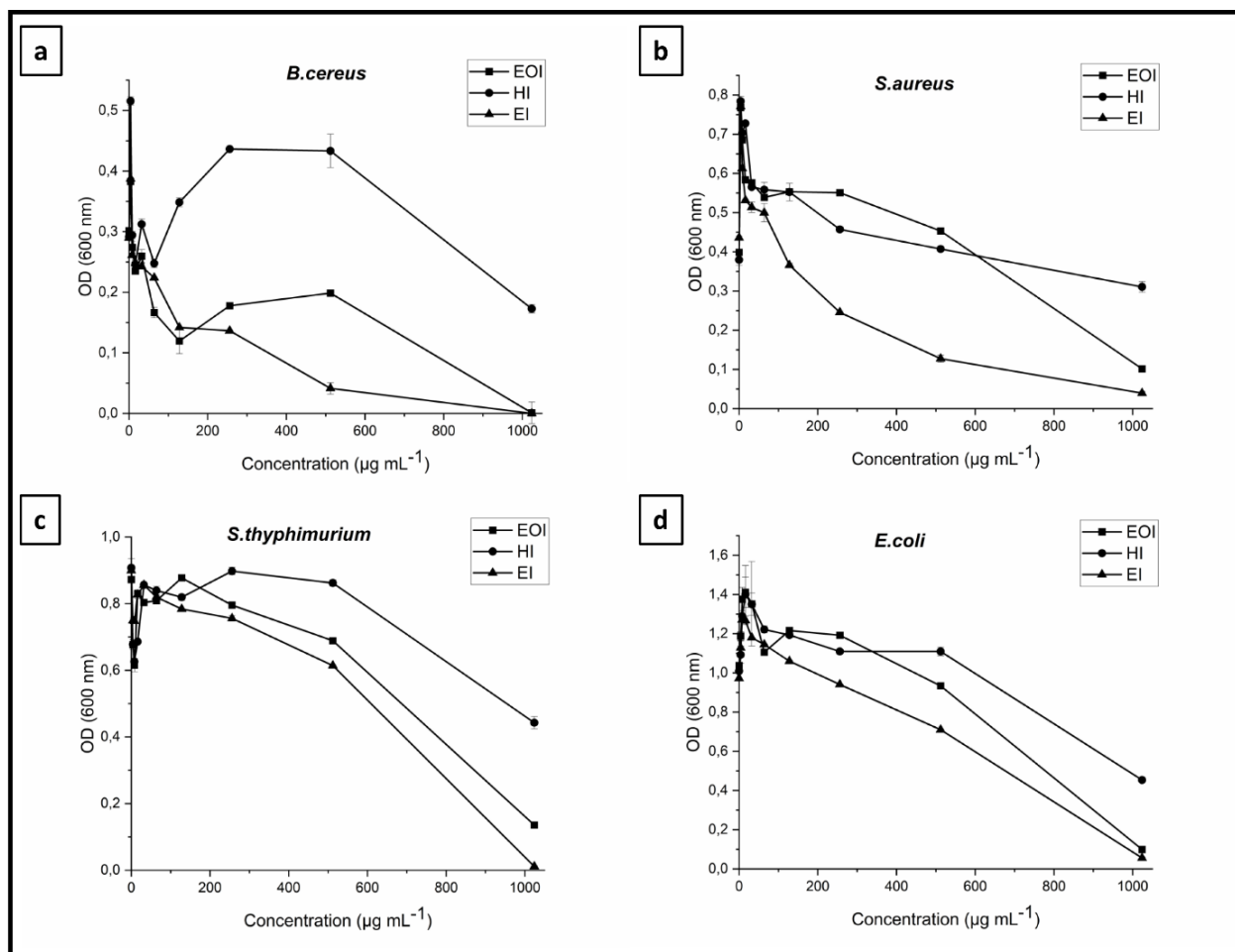


Figure 3. The antibacterial activity of the different concentrations of propolis essential oil isolate (EOI), hexane isolate of propolis (HI), and ethanol isolate of propolis (EI) against (a) *B.cereus*, (b) *S.aureus*, (c) *E.coli*, (d) *S.thyphimurium*. OD: optical density

Table 3. Antibacterial effects of propolis samples on various reference bacterial pathogens

Microorganism	Propolis concentration		
	EI ($\mu\text{g mL}^{-1}$) MIC	EOI ($\mu\text{g mL}^{-1}$) MIC	HI ($\mu\text{g mL}^{-1}$) MIC
<i>B. Cereus</i> NRRL-B-3711	<1024	1024	>1024
<i>S.aureus</i> ATCC 25923	>1024	>1024	>1024
<i>E.coli</i> ATCC 25922	>1024	>1024	>1024
<i>S.thyphimurium</i> ATCC 14028	>1024	>1024	>1024

EI: Propolis Ethanol Isolate, EOI: Essential Oil Isolate, HI: Hexane Isolate

All tested propolis samples showed microbial inhibition against all assessed pathogens. *In vitro*, the antibacterial activity of propolis isolates against Gram (+) and Gram (-) bacteria showed variation toward the tested propolis isolates. The chemical composition, volatile and nonvolatile components, and the applied concentration affect the antimicrobial efficacy [22,43-45]. From the results of our study, the higher susceptibility of Gram-(+) bacteria than Gram-(-) bacteria was observed for EI, and EOI, the most sensitive bacteria was *B. cereus* for all tested propolis samples. The EI sample was the most effective one on tested bacteria among the samples. The

EOI showed significant inhibition than the HI. The Propolis extraction method is one of the significant factors in propolis biological activity [6, 46-47]. The antimicrobial activity was concentration-dependent, and these results were in agreement with documented results in the literature [5-6, 46]. Previous studies have reported that propolis contains a high amount of phenolics and flavanoids compounds these compounds are associated with antimicrobial activity [44-45, 47]. The *in vitro* antibacterial efficacy (bactericidal or bacteriostatic) of propolis depended on concentration, treatment time, and mode of bacterial action; however, the exact action mechanism is not yet known [5,17,48-49]. Microbial inoculum levels such as low, intermediate, or high also had a significant effect on the propolis antibacterial activity [50]. The antimicrobial activity of the propolis from different parts of the world had been reported. It is able to inhibit and retard the growth of the wide range of microorganisms, including bacteria, yeast, and moulds [5,46,51-52].

3.4. Antioxidant Activity Test

ABTS⁺ (2,2'-azino bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging method was used to determine the antioxidant capacity of propolis isolates

(EI, EOI and HI). ABTS⁺⁺ scavenging capability of propolis isolates are shown in Table 4.

Table 4. Antioxidant activity of propolis isolates (EI, EOI, and HI)

Propolis isolates	ABTS ⁺⁺ scavenging (mmol TE (g dry Isolate) ⁻¹)
Ethanol Isolate (EI)	6.05±0.23 ^a
Essential Oil Isolate (EOI)	0.46±0.04 ^b
Hexane Isolate (HI)	0.15±0.002 ^b

a-b: Different letters between rows indicate different values (p <0.05) according to the Tukey test.

The EI had higher cation radical scavenging activity compared with the EOI and HI samples. However, the EOI and HI samples antioxidant activity was not statistically (p <0.05) significant. Propolis contains a wide variety of chemical compounds, including phenolic compounds, flavonoids, aromatic esters, diterpenic acids, which are the responsible for the biological activity of propolis [9,50]. Antioxidant activity assays have different mechanisms, principles including electron-donating and hydrogen atom transfer with using different reference compounds [53]. Propolis contains phenolic compounds, flavones, and other compounds capable of reducing activity, chelating properties, and hydrogen atom transfer [7]. Previous studies have shown that Turkish propolis antioxidant activity was associated with its high amount of phenolic profile [54]. Propolis extracts have multifunctional properties that can prevent food spoilage from microbial and chemical reactions and improve the quality and safety of food production. Food applications of propolis had been documented that propolis extracts could be a promising candidate as a natural preservative in food applications [55], as well as the volatiles from the propolis fractions had significant potential for preserving the food quality [56].

4. CONCLUSION

This research is a primary screening step for Bingöl propolis. According to our results, the EI of Bingöl propolis exhibited high antioxidant and antimicrobial activity among tested samples. The biological activity of the EOI was better than the HI. Several factors affect the propolis biologic activity; the extraction method is one of the significant factors on propolis biological activity. However, further investigations are required to point out with dose-dependent studies and different kinds of bacteria strains for antimicrobial activity. Also, the other antioxidant activity assays could be used for propolis isolates. Further experiments are needed to elucidate the composition of Bingöl Propolis isolates. Researches are underway the Mission Differentiation and Specialization Aimed at Regional Development Program ongoing projects at Bingöl University.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the financial support from the Presidency of the Council of Higher

Education, Presidency of Turkey Strategy and Budget, coordinated by The Scientific Research Projects Coordination Unit of Bingöl University (Project Number: 2017K124000-BÜBAP and PİKOM-Arı.2019.012/ BÜ-THBKP-ARI). The authors also thank Bingöl University, the Center of Research and Application Center for their contributions.

REFERENCES

- [1] Pasupuleti VR, Sammugam L, Ramesh N, Gan SH. Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*. 2017;2017.
- [2] Anjum IS, Ullah A, Khan AK, Attaullah M, Khan H, Ali H, et al. Saudi Journal of Biological Sciences Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019; 26(7):1695-1703.
- [3] Isla MI, Paredes-Guzman JF, Nieva-Moreno MI, Koo H, Park YK. Some chemical composition and biological activity of northern Argentine propolis. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2005;53(4):1166–72.
- [4] Sobočanec S, Šverko V, Balog T, Šarić A, Rusak G, Likić S, et al. Oxidant/antioxidant properties of Croatian native propolis. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2006;54(21):8018–26.
- [5] Kim YH, Chung HJ. The effects of Korean propolis against food-borne pathogens and transmission electron microscopic examination. *New Biotechnology*. 2011;28(6):713–8.
- [6] Seibert JB, Bautista-Silva JP, Amparo TR, Petit A, Pervier P, Dos Santos Almeida JC, et al. Development of propolis nanoemulsion with antioxidant and antimicrobial activity for use as a potential natural preservative. *Food Chemistry*. 2019;287:61–7.
- [7] Gülçin I, Bursal E, Şehitoğlu MH, Bilsel M, Gören AC. Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 2010;48(8–9):2227–38.
- [8] Marcucci MC. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*. 1995;26(2):83–99.
- [9] Ristivojević P, Dimkić I, Guzelmeric E, Trifković J, Knežević M, Berić T, Yesilada E, Milojković-Opsenica D, Stanković, S. (2018). Profiling of Turkish propolis subtypes: Comparative evaluation of their phytochemical compositions, antioxidant and antimicrobial activities. *LWT-Food Science and Technology*, 2018;95, 367-379.
- [10] Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*. 2004;84(3):329–39.
- [11] Nagai T, Inoue R, Inoue H, Suzuki N. Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis. *Food Chemistry*. 2003;80(1):29–33.
- [12] Ramón-Sierra J, Peraza-López E, Rodríguez-Borges R, Yam-Puc A, Madera-Santana T, Ortiz-

- Vázquez E. Partial characterization of ethanolic extract of *Melipona beecheii* propolis and in vitro evaluation of its antifungal activity. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2019;29(3):319–24.
- [13] de Albuquerque IL, Alves LA, Lemos TLG, Dorneles CA, de Moraes MO. Constituents of the essential oil of Brazilian green propolis from Brazil. *J Essent Oil Res*. 2008;20(5):414–5.
- [14] Bankova V, Boudourova-Krasteva G, Popov S, Sforcin JM, Funari SRC. Seasonal variations in essential oil from Brazilian propolis. *Journal of Essential Oil Research*. 1998;10(6):693–6.
- [15] Kusumoto T, Miyamoto T, Higuchi R, Doi S, Sugimoto H, Yamada H. Isolation and structures of two new compounds from the essential oil of Brazilian propolis. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*. 2001;49(9):1207–9.
- [16] Ioshida MDM, Young MCM, Lago JHG. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from Brazilian propolis. *Journal of Essent Oil Bearing Plants*. 2010;13(5):633–7.
- [17] Oliveira AP, França HS, Kuster RM, Teixeira LA, Rocha LM. Chemical composition and antibacterial activity of Brazilian propolis essential oil. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*. 2010;16(1):121–30.
- [18] Basim E, Basim H, Özcan M. Antibacterial activities of Turkish pollen and propolis extracts against plant bacterial pathogens. *Journal of Food Engineering*. 2006;77(4):992–6.
- [19] Mihai CM, Mârghitaş LA, Dezmirean DS, Chirilă F, Moritz RFA, Schlüns H. Interactions among flavonoids of propolis affect antibacterial activity against the honeybee pathogen *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2012;110(1):68–72.
- [20] Koru O, Toksoy F, Acikel CH, Tunca YM, Baysallara M, Guclu AU, et al. In vitro antimicrobial activity of propolis samples from different geographical origins against certain oral pathogens. *Anaerobe*. 2007;13:140–5.
- [21] Garedeew A, Schmolz E, Lamprecht I. Microcalorimetric and respirometric investigation of the effect of temperature on the antiviral action of the natural bee product-propolis. *Thermochim Acta*. 2003;399(1–2):171–80.
- [22] Melliou E, Stratis E, Chinou I. Volatile constituents of propolis from various regions of Greece - Antimicrobial activity. *Food Chemistry*. 2007;103(2):375–80.
- [23] Sinott FA, Sena-Lopes Â, Leal KS, Thais de Oliveira Silva M, Cardoso de Freitas M, Quintana de Moura M, et al. Essential oil from Brazilian Red Propolis exhibits anthelmintic activity against larvae of *Toxocara cati*. *Experimental Parasitology*. 2019;200:37–41.
- [24] Ahn M, Kumazawa S, Usui Y, Nakamura J. Food Chemistry Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. 2007;101:1383–92.
- [25] Hochheim S, Guedes A, Faccin-Galhardi L, Rechenchoski DZ, Nozawa C, Linhares RE, et al. Determination of phenolic profile by HPLC–ESI-MS/MS, antioxidant activity, in vitro cytotoxicity and anti-herpetic activity of propolis from the Brazilian native bee *Melipona quadrifasciata*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2019;29(3):339–50.
- [26] Yapar, Y., & Behçet, L.. The Flora Of Hiro Plateau (Adaklı-Bingöl/Turkey) And Its Surroundings. *Biol Divers Conserv*. 2018;3:126–40.
- [27] Behçet L, Yapar Y. Important plants at the Matan Mountain (Bingöl) flora with regard to beekeeping. *Biol Divers Conserv*. 2019;12:149–59.
- [28] Erdoğan MK, Geçibesler İH, Behçet L. Chemical constituents, antioxidant, antiproliferative and apoptotic effects of a new endemic Boraginaceae species: *Paracaryum bingolienum*. *Results in Chemistry*. 2020;2:100032.
- [29] Gecibesler İH. Antioxidant Activity and Phenolic Profile of Turkish *Celtis tournefortii*. *Chemistry of Natural Compounds*. 2019;55(4):738–42.
- [30] Gecibesler İH, Yaghluglu AS, Gul F, Temirturk M, Demirtas I. Phytochemicals of *Chrysophthalmum montanum* (DC.) Boiss. Roots and Their Antiproliferative Activities Against HeLa and C6 Cell Lines. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2019;89(1):145–54.
- [31] Geçibesler İH, Kiliç Ö, Demirtas I. Appraisal of biological activities of crude extracts with subfractions and phytochemical content of endemic *Nepeta nuda* L. subsp. *lydiae* from Turkey. *Progress in Nutrition*. 2017;19(1):121–9.
- [32] Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; (CLSI). 2018. M100–S28.
- [33] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 1999;26(9-10):1231-7.
- [34] Gecibesler İH, Kocak A, Demirtas I. Biological activities, phenolic profiles and essential oil components of *Tanacetum ciliacum* (BOISS) Grierson. *Nat Prod Res*. 2016;30:2850–2855.
- [35] Bhattacharjee B, Pal PK, Chattopadhyay A, Bandyopadhyay D. Oleic acid protects against cadmium induced cardiac and hepatic tissue injury in male Wistar rats: A mechanistic study. *Life Sci*. 2020; 244:117324.
- [36] Kusumah D, Wakui M, Murakami M, Xie X, Yukihiro K, Maeda I. Linoleic acid, α -linolenic acid, and monolinolenins as antibacterial substances in the heat-processed soybean fermented with *Rhizopus oligosporus*. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2020; 84:1285–1290.
- [37] Gecibesler İH, Erdogan M. A new nutraceutical resource from a rare native plant growing in Turkey and for its spectro-chemical and biological insights: Endemic *Diplotaenia bingolensis* (Apiaceae). *Spectrochim Acta - Part A Mol Biomol Spectrosc*. 2019.223:117358.
- [38] Abdel-Raouf N, Al-Enazi NM, Al-Homaidan AA,

- Ibraheem IBM, Al-Othman MR, Hatamleh AA. Antibacterial β -amyrin isolated from *Laurencia microcladia*. *Arabian Journal Chemistry*. 2015;8(1):32–7.
- [39] Monzote L, Cuesta-Rubio O, Fernandez MC, Hernandez IM, Fraga J, Pérez K, et al. In vitro antimicrobial assessment of Cuban propolis extracts. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2012;107(8):978–84.
- [40] Papachroni D, Graikou K, Kosalec I, Damianakos H, Ingram V, Chinou I. Phytochemical analysis and biological evaluation of selected african propolis samples from Cameroon and Congo. *Natural Products Communications*. 2015;10(1):67–70.
- [41] Celemlı OG. Chemical Classification of Propolis Samples Collected from Different Regions of Turkey in Geographical Region Base. *Hacettepe Journal Biology Chemistry*. 2015;43(1):49–57.
- [42] Sahinler N, Gul A, Copur G. Chemical Composition and preservative effect of Turkish Propolis on egg quality during storage. *Asian Journal of Chemistry*. 2009;21(3):1877-1886
- [43] Uzel A, Sorkun K, Öncüç Ö, Çoğulu D, Gençay Ö, Salih B. Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. *Microbiol Research*. 2005;160(2):189–95.
- [44] Gargouri W, Osés SM, Fernández-Muiño MA, Sancho MT, Kechaou N. Evaluation of bioactive compounds and biological activities of Tunisian propolis. *Food Science and Technology. LWT*. 2019;111:328–36.
- [45] Regueira Neto MS, Tintino SR, da Silva ARP, Costa M do S, Boligon AA, Matias EFF, et al. Seasonal variation of Brazilian red propolis: Antibacterial activity, synergistic effect and phytochemical screening. *Food and Chemical Toxicology*. 2017;107:572–80.
- [46] Kalogeropoulos N, Konteles SJ, Troullidou E, Mourtzinis I, Karathanos VT. Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial properties of propolis extracts from Greece and Cyprus. *Food Chemistry*. 2009;116(2):452–61.
- [47] Kubiliene L, Laugaliene V, Pavilonis A, Maruska A, Majiene D, Barauskaite K, et al. Alternative preparation of propolis extracts: Comparison of their composition and biological activities. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2015;15(1):1–7.
- [48] Agüero MB, Svetaz L, Sánchez M, Luna L, Lima B, López ML, et al. Argentinean Andean propolis associated with the medicinal plant *Larrea nitida* Cav. (Zygophyllaceae). HPLC-MS and GC-MS characterization and antifungal activity. *Food Chemical and Toxicology*. 2011;49(9):1970–8.
- [49] Mirzoeva OK, Grishanin RN, Calder PC. Antimicrobial action of propolis and some of its components: The effects on growth, membrane potential and motility of bacteria. *Microbiological Research*. 1997;152(3):239–46.
- [50] Petruzzi L, Corbo MR, Campaniello D, Speranza B, Sinigaglia M, Bevilacqua A. Antifungal and antibacterial effect of propolis: A comparative hit for food-borne pseudomonas, enterobacteriaceae and fungi. *Foods*. 2020;9(5):559.
- [51] Freires IA, Queiroz VCP, Furlletti VF, Ikegaki M, de Alencar SM, Duarte MCT, et al. Chemical composition and antifungal potential of Brazilian propolis against *Candida* spp. *Journal de mycologie medicale*. 2016;26(2):122–32.
- [52] Yang S, Peng L, Cheng Y, Chen F, Pan S. Control of citrus green and blue molds by Chinese propolis. *Food Science and Biotechnology*. 2010;19(5):1303–8.
- [53] Gulcin İ. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*. 2020;94:651–715.
- [54] Ozdal T, Ceylan FD, Eroglu N, Kaplan M, Olgun EO, Capanoglu E. Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis. *Food Research International*. 2019;122:528–36.
- [55] Pobiega K, Kraśniewska K, Gniewosz M. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2019;83:53–62.
- [56] Atungulu Griffiths G, Toshitaka U, Fumihiko T, Daisuke H. Effect of vapors from fractionated samples of propolis on microbial and oxidation damage of rice during storage. *Journal of Food Engineering*. 2008;88(3):341–52.



Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri

Caner YERLİ^{1*}, Talip ÇAKMAKCI¹, Üstün ŞAHİN², Şefik TÜFENKÇİ¹

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

Caner YERLİ ORCID No: 0000-0002-8601-8791

Talip ÇAKMAKCI ORCID No: 0000-0001-5815-1256

Üstün ŞAHİN ORCID No: 0000-0002-1924-1715

Şefik TÜFENKÇİ ORCID No: 0000-0002-3350-1085

*Sorumlu yazar: caneryerli@yyu.edu.tr

(Alınış: 11.04.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar

Kelimeler

Ağır metal,
Çevre kirliliği,
Toprak
kirliliği,
Toksosite,
Bitki
fizyolojisi

Öz: Günümüzde artan sanayileşme ve kentleşme ile beraber çeşitli çevre kirlilikleri artmış ve birçok çevresel problem ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin başında gelen ağır metaller, hava, toprak ve su kaynaklarında kirliliklere neden olmaktadır. Bitki fizyolojisini olumsuz etkileyerek, bitkisel üretimin azalmasına neden olan ağır metaller, besin zinciri yoluyla canlı sağlığını da tehdit altına alırlar. Ağır metallerin toprağa ve bitkiye etkisi, toprak ve bitki özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Ağır metaller toprak biyolojik aktivitesini olumsuz etkileyerek toprak verimliliğini azaltırlar. Bitkide protein sentezi, DNA, RNA, kök-su ilişkisi, çimlenme, gelişme ve fotosentezin olumsuz etkilenmesine neden olan ağır metaller toprak, bitki ve suda kompleks yapılar oluşturarak doku ve organların zarar görmesine neden olabilirler. Bu nedenlerle ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığı üzerindeki etkisi tam olarak anlaşılmalıdır. Bu derlemede; ağır metallerin ortaya çıkışı, toprağa-suya etkisi ve toprak özelliklerinin ağır metallerle olan ilişkisi, ağır metallerin bitki fizyolojisine etkisi ve bitkinin ağır metallere karşı savunma ve tolerans mekanizmaları ile ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki etkileri irdelenmeye çalışılmıştır.

The Effects of Heavy Metals on Soil, Plant, Water and Human Health

Keywords

Heavy metal,
Environmental
pollution, Soil
pollution,
Toxicity,
Plant
physiology

Abstract: Nowadays, various environmental pollution has increased with industrialization and urbanization and many environmental problems have emerged. Heavy metals, the leading of these problems, cause pollutions in air, soil and water resources. Heavy metals, which negatively affect plant physiology and cause decrease in plant production, also threaten human health through the food chain. The effect of heavy metals on soil and plant may vary according to soil and plant characteristics. Heavy metals negatively affect soil biological activity and reduce soil fertility. Heavy metals, which protein synthesis, DNA, RNA, root-water relationship, germination, growth and photosynthesis adversely affected in the plant, can create complex structures in soil, plants and water, causing damage to tissues and organs. For these reasons, the impact of heavy metals on soil, plant, water and human health should be fully understood. In this review; the emergence of heavy metals, the effect of heavy metals on soil-water and relationship between soil properties and heavy metals, the effect of heavy metals on plant physiology, defense and tolerance mechanisms of the plant against heavy metals and the effects of heavy metals on human health were investigated.

1. GİRİŞ

Hızla artan sanayileşme, kentleşme, nüfus, fosil yakıtların aşırı kullanımı, motorlu taşıtların egzoz gazları, çevreye olan duyarlılık, volkanik faaliyetler, maden yatakları, atık sular, arıtma çamurları, tarım

alanlarında aşırı gübre ve ilaç kullanımı hava, toprak ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler oluşturan ve canlı sağlığını tehdit eden ağır metal kirliliğine neden olmaktadır. Fiziksel açıdan ağır metal terimi, 5 g/cm³'den büyük özgül ağırlığa ve 20'den büyük atom numarasına sahip metaller için kullanılmaktadır. Biyolojik olarak ise ağır metaller, çevre üzerinde kirlilik

yaratan ve toksisite etkisi yüksek olan kirleticilere verilen isimdir [1]. Ağır metaller, yüksek yoğunlukları sebebiyle düşük konsantrasyonlarda bile toksik ve zehirleyici etki gösterebilmektedirler. Bu sebeple de ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından ağır metaller, 650 toksik ve kirleticinin bulunduğu kimyasal listede 129 tane öncelikli çevre kirleticilerin arasında gösterilmiştir [2]. Hava, toprak ve su kaynakları ile canlı metabolizmalarına etkileri farklı olmakla beraber 70'e yakın ağır metal bulunmaktadır. Bakır, çinko, demir, mangan, molibden ve nikel gibi ağır metaller izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece bitkiler için mikro besin elementi olarak görev almaktadırlar. Ayrıca bazı ağır metaller, eşik değerleri aşmadığında, insan ve hayvan metabolizmalarında önemli roller üstlenirler. Bor ve arsenik özgül ağırlığı ve atom numarası ile ağır metal tanımına uymasa da yüksek oranda toksik etkileri sebebiyle bir ağır metal olarak değerlendirilebilmektedirler.

Ağır metaller genellikle toprakta en fazla toprak taneceklerine bağlı olarak bulunmakla beraber, organik bileşikler oluşturarak, minerallerin yapısına bağlanarak, şelatlı bileşiklerin yapısında eriyik halde, farklı formlarda bütünleşik katı veya iyon halinde çözümler halinde bulunabilmektedirler [3]. Ağır metaller yer kürede karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşikler olarak veya silikatlar içerisinde bağlanarak yer alabilmektedirler [4].

Tablo 1. Bazı ağır metallerin ekolojik olarak sınıflandırılması

Element	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Canlılar İçin Gerekliliği	Kirleticilik Durumu
As	2,3	X	✓
Cu	8,9	✓	✓
B	2,3	✓	✓
Hg	13,6	X	✓
Zn	7,1	✓	✓
Fe	7,9	✓	✓
Cd	8,5	X	✓
Co	8,9	✓	✓
Cr	7,2	✓	✓
Pb	11,3	X	✓
Mn	7,4	✓	X
Mo	10,2	✓	✓
Ni	8,9	✓	✓

Bitkiler için durak yeri olan ve besin sağlayan toprak, tamponlama özelliği sayesinde filtrasyon sağlayarak çevre kirliliğini önleyebilmektedir. Fakat bu durumda oluşan toprak kirliliği toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik gelişiminin engellenmesine veya değişmesine neden olmaktadır. Toprak kirliliği, toprakların oluşum aşamasında ana materyalden meydana gelen doğal kirlilik ve insan kaynaklı etkilerle meydana gelen yapay kirlilik olarak ikiye ayrılabilir [5]. Toprak kirliliğinin asıl ve en önemli nedeni insan kaynaklı etkilerden kaynaklanmaktadır. Bunların başında aşırı gübre ve tarım ilacı kullanımı, atık suların ve arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılması, endüstriyel, evsel, tıbbi ve nükleer atıkların önlem alınmadan toprağa bırakılması sıralanabilir. Atmosfere ve toprağa ağır metal bırakılan endüstrilerin başında gübre üretimi, atık su arıtma tesisleri, termik santraller, petrol tesisleri, ulaşım

sektörleri, demir, çelik, cam, çimento üretim tesisleri gelmektedir [6]. Toprakta var olan kirleticiler, biyolojik ayrışma ile ortadan kaldırılabılırken, ağır metaller ayrışmadıkları için topraktan giderilimi zor olmaktadır. Kimyasal çöktürme ve filtrasyon, ağır metalleri yüksek sıcaklıklarda yakarak buharlaştırma, toprakta iyon değişimi, toprağı yıkama, biyo ve fito remediasyon vb. teknikler kullanılarak ağır metallerin topraktan giderimi mümkün olsa da çoğu zaman yüksek maliyet ve işgücünü beraberinde getirmektedir.

Mancosu ve ark. [7], 2050 yılında artan nüfusun besin ihtiyaçlarının karşılanması için tarım arazilerinin % 38, sulama için harcanan su miktarının % 53 artırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Artan besin talebi karşısında şiddetini arttıran küresel ısınma ve su kaynaklarının yetersizliği marjinal su kaynaklarının başında gelen atık suların sulamada kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Önemli bir su kaynağı olan atık sular ile sadece sulama ihtiyacı değil, ayrıca kaynakların etkin kullanımı, kimyasal gübrelere ihtiyacın azalması, atık yönetimi ve atık suların deşarj problemlerinin çözülmesi de sağlanabilmektedir. Ayrıca zengin besin içeriğinden dolayı gübre olarak kullanılabilen ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirerek, toprak ıslahında ön plana çıkan arıtma çamurları da bitkisel verimi arttırarak, toprak gelişimine büyük katkılarda bulunur. Atık sular ve arıtma çamurları için değinilen olumlu özelliklerin yanı sıra yüksek miktarda ağır metal içeriklerinden dolayı başta toprak ve bitki olmak üzere insan ve hayvan sağlığı üzerinde de negatif etkiler ortaya çıkararak, ağır metal kirliliğine neden olabilmektedirler.

Ağır metallerin oluşturduğu çevre kirliliği, ekosistemler üzerinde büyük olumsuzlukların ortaya çıkmasına neden olur. Bu olumsuzluklar, bir ekosistemden diğer ekosisteme doğrudan veya dolaylı yollarla rahatça taşınabilir [2]. Atmosfere ulaşan ağır metaller, çökerek toprak veya su kaynaklarına karışabilmektedirler. Ağır metaller, topraklardan bitkilere ulaşmakta ve toprakla temas halinde insan ve hayvan vücuduna geçebilmektedirler. Ayrıca ağır metaller, topraktan gıda yoluyla insan vücuduna veya hayvanlara yem kaynağı olan bitkilerden hayvanlara, hayvanlarının etinden, sütünden insanlara ulaşmaktadırlar. Ağır metaller, göl, akarsu, nehir gibi yüzey üstü su kaynaklarını kirletebildikleri gibi topraktan sızarak yer altı su kaynaklarının da kirlenmesine neden olabilirler. Ağır metal miktarı fazla olan sular, tarım alanlarında kullanıldığında bitki, hayvan ve insan bünyesinde birçok olumsuzluğun kaynağı haline gelirler.

Günümüzde ağır metallerin oluşturmuş olduğu kirlilik tüm dünya gündeminde önemli bir konu olmuştur. Birçok bilim dalı ve multidisipliner çalışma toprak, su ve hava kirliliğine neden olan ağır metallerin etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Ağır metallerin atmosfer, toprak, bitki, su ve canlı sağlığı üzerinde farklı etkileri olsa da atmosferi kirletmesi, toprak yapısını bozması, bitkisel verimi azaltması, su kalitesini etkilemesi ve canlı sağlığını tehlike altına alması ile tüm etmenlerde doğurduğu olumsuzluklardan dolayı bir bütün olarak

değerlendirilmelidir. Bu nedenle bu çalışmada, başta bitki metabolizması olmak üzere ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığı üzerine etkileri irdelenmeye çalışılmıştır.

2. AĞIR METALLERİN TOPRAKLARA ETKİSİ

Ağır metal kirliliği ile toprakta gerçekleşmekte olan faaliyetler engellenmekte, toprak ekosistemi olumsuz etkilenmekte ve bu olumsuz etki tüm ekosistemlere kolayca yansiyabilmektedir.

Ağır metaller, toprakta çok kompleks yapılar oluşturarak toksisitenin canlı yapılar için etkisini artırırlar. Toprak mikroorganizma aktivitesini olumsuz etkileyen ağır metaller, toprak faunasının bozulmasına neden olurlar. Biyolojik aktivitesi bozulan toprakta nitrifikasyon, toprak solunumu, enzim aktivitesi ve organik maddenin mineralizasyonu olumsuz etkilenir. Böylece topraklar verimsizleşir ve özellikleri değişir. Bu durum bitkisel üretime yansiyarak, bitki verim ve kalitesini de azaltır.

Toprakta en fazla bulunan ağır metaller arsenik, civa, çinko, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel olarak belirtilmiştir [8]. Toprağa farklı yollar ile ulaşan ağır metaller, her zaman toprakta birikip, toprakta ağır metal kirliliğine neden olmamaktadır. Toprağın sahip olduğu tamponlama kapasitesi ve toprakta bulunan organik madde, kil, demir ve alüminyum oksitler sayesinde toprakta ağır metal birikimi indirgenebilir. Ayrıca toprak tekstürü, organik karbon, toprağın su içeriği, toprak sıcaklığı, fosfor, kil çeşidi, karbonat ve bikarbonatlar gibi birçok etmen de toprakta ağır metallerin hareketine etki edebilmektedir. Yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip killi topraklar, ağır metalleri yüksek miktarda adsorbe etme özelliğine sahiptirler. Organik maddece zengin topraklarda, yüksek katyon değişim kapasitesinden dolayı daha yüksek miktarlarda ağır metal birikimi ve bitki toksisitesi görülmektedir [9]. Ağır metallerin, kil ve organik maddeye güçlü bağlanma özelliğinden dolayı toprakta ağır metal birikimi genellikle toprağın üst katmanlarında daha yoğun olmaktadır [10].

Topraktaki ağır metallerin çözünürlüğü toprak pH'ından önemli bir şekilde etkilendiği için ağır metal toksisitesi ile toprak pH'ı arasında yakın bir ilişki vardır. Toprağa uygulanan çeşitli materyaller ve bitki aktiviteleri, toprak pH'ının değişmesine neden olabilir. Bitkilerde gerçekleşen bazı salgılar kökler vasıtasıyla rizosfere geçince, toprak pH'ını etkiler ve bu durum ağır metallerin topraktaki etkileşimini değiştirebilir. Atık suların sulamada kullanılması veya toprağa uygulanan arıtma çamurları da toprak pH'ını etkiler. Birçok araştırmacı atık suların sulamada kullanılması ile toprak pH'ının düştüğünü belirtmişlerdir [11, 12, 13]. Khurana ve Singh [14] ile Singh ve Agrawal [15], toprak pH'ının amonyum nitrifikasyonu ve farklı organik bileşiklerin oksidasyonu ile düşebileceğini ifade etmişlerdir. Toprak pH'ının düşüşüyle ağır metal toksisitesi artış göstermekte olup, bu artış metal iyonlarının hidrojen iyonlarına göre daha düşük çekim gücüne sahip olmasıyla ilişkilidir [16]. Buna göre, asidik topraklarda

ağır metal toksisitesinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca toprakta bulunan organik madde, toprak pH'ını değiştirerek toprakta ağır metallerin hareketini etkileyebilir. Galavi ve ark. [17], topraklarda artan organik madde içeriğiyle toprak pH'ının azalma eğilimi gösterdiği bildirmişlerdir. Organik maddenin mineralizasyonu ile azalan toprak pH'ı, ağır metal toksisitesinde önemli bir etkidir.

Arıtma çamurlarının toprağa uygulanması ve atık suların sulamalarda kullanılması durumunda, toprağın artan katyon değişim kapasitesi ağır metallerin toksisitesini azaltabilir. Yine arıtma çamuru veya atık su kullanımında, azalan toprak pH'ına bağlı olarak kireç çözünürlüğünün artmasıyla, topraktaki kalsiyum içeriğinde ve buna bağlı olarak agregatlaşmada artış, toprak kireç içeriğinde ise azalma görülmekte ve bu durum ağır metallerin topraktaki etkileşimini de değiştirebilmektedir.

Toprağa uygulanan gübreler, toprak reaksiyonuna, toprağın katyon değişim kapasitesine ve organik madde içeriğine etkiye bulunacağından dolayı toprakta ağır metal toksisitesine veya ağır metallerin immobilizasyonuna neden olabilir. Asit yağmurlarıyla toprak asitliğinin artışıyla beraber ağır metal hareketliliğinin artış gösterdiği ve bitkiler tarafından ağır metal alınımının arttığı, toprakların iyon tutma gücünün azalması ile besin elementlerinin de yıkanarak topraktan uzaklaştığı belirtilmiştir [6]. Ayrıca toprağa uygulanan çeşitli müdahaleler ile daha fazla oksijen ve sıcaklığa maruz kalan toprakta, toprak verimliliğinin bir göstergesi olan organik karbon karbondioksit dönüşümüdür [18]. Karbondioksitin iki hidrojen ile birleşmesi sonucunda da karbondioksitin sulu çözeltisi ve zayıf bir asit olan karbonik asit ortaya (H_2CO_3) çıkmaktadır. Toprak pH'ının azalmasına neden olan karbonik asit, toprakta ağır metal hareketliliğinin artışına ve böylece bitkiler tarafından ağır metal alınımının artmasına neden olabilir.

Toprakta bulunan ağır metallerin, gideriliminin zor olması ve ağır metallerin bitkiler tarafından alınamaz formlara dönüşmesi nedeniyle, ağır metal kirliliği diğer toprak kirliliklerden ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metaller ile kirlenmiş toprakların temizlenmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Genel başlıklar altında bu yöntemler sıralanacak olursa;

- Ağır metaller ile kirlenmiş alanların kullanımını yasaklamak ve karantinaya almak,
- İzolasyon ve immobilizasyon teknikleriyle başka alanlara yayılımını önlemek,
- Ağır metaller ile kirlenmiş toprakları başka bir alanda depolamak,
- Ağır metaller ile kirlenmiş toprakları bölge içinde veya dışında temizlemek.

Toprağın kazılarak başka bir bölgeye taşınması ve ağır metallerden temizlendikten sonra geri bırakılması büyük oranda kirliliği ortadan kaldırmasına rağmen hem maliyetli hem de yüksek iş gücü gerektiren bir uygulamadır. Bu nedenle son yıllarda ağır metal ile kirlenmiş toprakları bölge içinde temizleme teknikleri

üzerine yapılan araştırmalar hız kazanmıştır [19]. Ayrıca daha düşük maliyet ve çevre dostu bir uygulama olması sebebiyle, mikroorganizmaların, solucanların ve bitkilerin kullanıldığı biyo ve fito remediasyon tekniklerinin de önemi oldukça fazladır. Fakat bu uygulamalardan olumlu sonuç alabilmek için uzun süreçlere ihtiyaç duyulmakta ve fito remediasyon tekniğinin kullanıldığı durumda, ağır metal giderilimi bitkinin kök derinliğiyle sınırlı kalmakta, tam anlamıyla bir bertaraf sağlanamamaktadır.

3. AĞIR METALLERİN BİTKİLERE ETKİSİ

Bitkilerde ağır metal birikimi, bitkinin su alması aşamasında, toprak ve su kaynaklarında bulunan ağır metallerin bitki bünyesine geçişiyle gerçekleşmektedir. Ayrıca, atmosferde bulunan ağır metallerin toz partikülleri vasıtasıyla bitki bünyesine geçişiyle de bitkilerde ağır metal birikimi söz konusu olabilmektedir. Bitki bünyesine geçen ağır metaller, bitkinin fizyolojik aktivitelerini engellemekte ve/veya değiştirmekte, ilerleyen aşamalarda bitkinin ölümüne neden olabilmektedir. Dolayısıyla ağır metallerin, bitkilerde birikimi, bitkisel verim ve kaliteyi azaltan önemli bir unsurdur.

Toprakta ağır metal birikimiyle, bitkiler gerek duyduğu besin elementlerini topraktan alamamakta, yani ağır metaller bitki besin elementi alınımını engellemektedir. Ağır metale maruz kalmış bitkilerde, temel besin maddelerinin eksikliğinden dolayı kök ve gövde boyları daha kısa, yaprak sayısı daha az ve yaprak alanı daha küçük olmaktadır [20, 21]. Ağır metallerin kök uzunluğu üzerindeki olumsuz etkisi, oksidatif hasar ile hücrelerin membran yapılarının bozulması ve kök yüzeyini oluşturan epidermal hücrelerin zarar görmesi [22] sonucunda bitki kök hücrelerinin bölünme ve çoğalmasının engellenmesinden kaynaklanmaktadır [23]. Ağır metale maruz kalan bitkinin kök yüzeylerinde, su miktarını sınırlandırma özelliğine sahip suberin adı verilen bileşiğin artmasıyla bitki köklerinde kahverengileşme, bitki-su ilişkisinin bozulması ve bitki gelişiminde aksaklıklar görülmektedir [24].

Ağır metaller toksik etkisi sebebiyle çimlenmeyi, gelişmeyi, stoma hareketlerini, su alımını ve taşınmasını, transpirasyonu, protein sentezini, bitki doku ve organlarını olumsuz etkileyerek bitki fizyolojisinin bozulmasına neden olurlar. Ağır metal toksisitesi ile tohumlarda alfa ve beta amilaz aktivitesi azaldığından dolayı, embriyonun gelişmesi için gerekli şeker aktivitesi sağlanamaz ve bu durum tohumların çimlenmesini engeller [25]. Ağır metaller maruz kalmış bitkilerin DNA yapısında mutasyon benzeri değişimler, RNA, çözümlü protein ve şeker miktarında azalmalar görülür [26]. Ağır metaller serbest iyon haline geçerek bitki yapısına dahil olduklarında, hücrede plazmanın sertleşmesine, protein çökmesine, solunum intensitesine ve dolaylı olarak oksijen tüketiminin azalmasına neden olmaktadır [4]. Kloroplast yapısının değişmesine neden olan ağır metallerin etkisiyle bitkide klorofil miktarı azalmaktadır. Ağır metaller, bitkinin stoma iletkenliğini etkileyerek, fotosentezin

devamlılığını engellemekte ve bitkinin su tüketimini de azaltarak [27], verim ve kaliteyi indirmektedirler. Artan ağır metal toksisitesi ile toprakta su bulursa dahi bitki su alamaz duruma gelir. Yapraklardaki suyun azalması ile stomalar kapanır, artan yaprak sıcaklığıyla membran sistemleri zarar görür ve hücre ölümleri gerçekleşir.

Bitki için bir stres faktörü olan ağır metallerin toksisitesi bitki türüne, stres faktörüne, maruz kalma süresine göre değişiklik gösterebildiği gibi [28] ağır metalden ağır metale ve etki ettiği organizmadan organizmaya göre de farklılık gösterebilmektedir. Bitkilerin ağır metalden etkilenme durumları ve bünyelerine ağır metal alımları, toprak pH'ı, toprağın kation değiştirme kapasitesi, topraktaki diğer metallerin miktar ve dağılımı, iklim faktörleri, bitkinin kimyasal seçiciliği, bitki yağı ve türü gibi birçok etmen ile de yakından ilişkilidir [29]. Ayrıca, ağır metallerin toprakta bulunış formları, ağır metallerin birbirleriyle ve bitki besin elementleriyle etkileşimi de bitkilerin ağır metal alımını etkileyen önemli bir faktörlerdir.

Spesifik durumlara sahip olan bazı bitkiler hiçbir zarar görmeden bünyelerinde bir veya daha fazla ağır metali biriktirebilmektedirler. Örnek verilecek olursa, eğrelti otu topraktan daha fazla arseniği, veriminde hiçbir azalma olmadan bünyesinde biriktirebilmektedir [30]. Hiperakümülatör bitkiler olarak anılan metal biriktirici bu bitkiler, toprak ve su kaynaklarının ağır metallerden temizlenmesinde önemli bir yere sahiptirler [31].

Bitkiler, genetik özelliklerine göre ağır metal toksisitesinde bazı tolerans ve savunma mekanizmalarına sahip olup, bu mekanizmaları verimleri azalsa dahi yaşamlarını devam ettirebilmek için kullanmaktadırlar. Ağır metal toksisitesinde bitkilerin kullandığı bu tolerans ve savunma mekanizmaları şu şekilde sıralanabilir;

- Hücre duvarlarına ağır metallerin bağlanması,
- Ağır metallerin sitoplazmalarda bulunan kofullarda (vakuol) depolanması,
- Köklerde ağır metallerin geçişi kontrol altında tutularak gövde, meyve ve sürgünlere taşınmasının engellenmesi [32],
- Bazı bitki dokularında ağır metallerin biriktirilmesi,
- Ağır metallerin proteinlere, amino veya organik asitlere bağlanarak farklı bileşikler oluşturulması [33],
- Bitkinin organik asitler, proteinler, antioksidan enzimler ve prolin üreterek, ağır metallerin etkisini azaltması veya ağır metallerin bitki için kullanılabilir hale dönüştürülmesi.

3.1. Arsenik

Canlılar için elzem bir element olmayan arsenik, yeryüzünde doğal olarak bulunur. Sanayi faaliyetleri, fosil yakıtların yanması, kimyasal gübreler, belediye ve endüstriyel atıkların bertarafı gibi yapay faaliyetler nedeniyle ortaya çıkan arseniğe [34] yer üstü ve yer altı sularında, tarım alanlarında ve bitki bünyesinde rastlamak mümkündür.

Arseniğe maruz kalan bitkilerde, büyüme-gelişme engellenir ve ilerleyen aşamalarda bitkinin ölümü gerçekleşebilir. Arseniğin etkisiyle bitkide birçok fizyolojik bozukluk ortaya çıkmaktadır [35]. Arsenik, bitkide oksidatif strese neden olur [36]. Oksidatif stres sonucunda verim ve kalite azalır. Hücrelerin inhibe olmasına neden olan arseniğin artan miktarıyla dokularda zararlanmalar görülür [37]. Arsenik, kloroplast membranlarına zarar vererek, fotosentezi olumsuz etkiler [38].

Toprak işlemenin geleneksel yöntemler ile yapıldığı ve topraktaki fosfor içeriğinin yüksek olduğu koşullarda, bitki tarafından arsenik alınımının daha yüksek olduğu belirtilmiştir [39]. Arseniğin topraktaki davranışı fosfora benzediğinden dolayı fosfor alınımının artışı ile arsenik alınımı da artış göstermektedir [40].

Kadife çiçeği ve fil kulağı bitkilerinin, arseniği kök ve gövdelerinde biriktirerek, toprağı ağır metallere temizlemek için kullanılabilecek iyi bir fito remediasyon tekniği olduğu belirtilmiştir [41].

3.2. Bakır

Yaşamın birçok aşamasında karşımıza çıkan bakır, bitki için gerekli bir element olmasına karşın yüksek konsantrasyonu bitkide toksik etki göstermektedir. Bakır, enzim faaliyetini gerçekleştirmede, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında [42], DNA ve RNA üretiminde, hastalık ve zararlılara karşı direnç oluşturulmasında büyük rol alır [4].

Yüksek miktarıyla toksisite etkisi gösteren bakır, bitki fizyolojisini bozarak, protein sentezini, besin maddesi alınımını, membran stabilitesini ve solunumu olumsuz etkiler [43]. Kloroplast yapısına geçerek yapının değişmesine neden olan bakır, klorofil miktarını azaltır [44]. Azalan klorofil miktarıyla bitkide klorozis görülebilir. Bakır zehirlenmesiyle kökler özelliklerini kaybeder ve buna bağlı olarak da bitki-su dengesi olumsuz etkilenir.

Yapılan bir çalışmada, bakırın artan dozlarının, toprağın reaksiyonunu, değişebilir magnezyum ve yarayışlı demir miktarını azalttığı, azot, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum içeriklerini arttırdığı sonucuna varılmıştır [45]. Başka bir çalışmada artan bakır dozlarının genç yapraklarda % 27, yaşlı yapraklarda ise % 52 fotosentez azalmasına neden olduğu bildirilmiştir [46].

3.3. Bor

Bor, doğada sodyum, kalsiyum ve magnezyum oksitlere bağlı olarak bulunur [47]. Başta cam ve deterjan üretiminde olmak üzere kozmetik, plastik, tekstil, seramik sektörleri ve tarım ilaçları borun kullanıldığı başlıca alanlardır. Özellikle borun, herbisitlerde yabancı ot gelişimini engellemek için kullanıldığı bilinmektedir.

Bor, bitkide kök uzaması, hormon düzenlenmesi, şeker taşınımı, membran fonksiyonları, difüzyon, hücre

duvarlarının oluşumu, hücre bölünmesi [48] ve karbonhidrat, RNA, solunum, fenol metabolizmaları gibi önemli görevlere sahiptir [49]. Bor noksanlığı diğer iz elementlere göre daha yaygın görülmektedir. Bitkilerin bor ihtiyaçları çok az olmakla beraber, ihtiyaç duyulan miktarın fazlası bitkiye olumsuz etki yapmaktadır.

Bor toksisitesi ile yapraklarda yanıklıklar görülmektedir [50]. Buna bağlı olarak klorofil pigmentlerinin zarar görmesi ve fotosentezin olumsuz etkilenmesi söz konusudur. Bor toprakta veya sulara diğer ağır metaller ile kompleks yapılar oluşturarak, bitki için daha zehirli bir hale gelebilir. Bor, toprakta bulunan diğer besin elementleri ile etkileşimde bulunur. Topraktaki borun azot, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan ile antagonistik; fosfor, potasyum, kükürt, bakır ve çinko ile sinerjistik bir etkisinin olduğu belirtilmiştir [51].

3.4. Civa

Civa çoğunlukla boya, mücevher ve kozmetik sanayisinde, elektronik eşyalarda ve tarım ilaçlarında kullanılmaktadır. Toprağı geçişiyle kil ve organik maddelere bağlanarak reaksiyonlara neden olmakta veya çözünmeyen yapılar oluşturarak çökelmektedir [4]. Bu nedenle su kaynaklarına ve bitki yapısına geçme olasılığı diğer ağır metallere nazaran daha düşüktür. Bu durum civanın bitkiler için zehir etkisini azaltsa da insanlar ve hayvanlar için tehlikesini ortadan kaldırmamaktadır.

Elemental haldeki civa, bitki yapısına geçerek kısmen oksitlenmekte ve ortaya çıkan inorganik tuzlar, proteinler ve alkalilerle birleşerek, protoplazmaya toksik etki göstermekte, bitkilerin ölümüne neden olmaktadır [52]. Ayrıca dokulara giren civa, bitkinin oksijen temin mekanizmasını bloke ederek, yaşamsal faaliyetlerini de engellemektedir [53].

3.5. Çinko

Çinko, metal-alaşım, boya, kozmetik, plastik, maden sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Çinko endüstriyel atık sular, kanalizasyon suları ve asit yağmurları vasıtasıyla toprağı kolayca taşınır [54]. Canlılar için mutlak gerekli bir besin elementi olmasına rağmen belli miktarları aştıktan sonra toksik etki yapmaktadır. Bitki metabolizmasına dahil olan çinko karbonhidrat, protein, fosfat oluşumunda ve enzim aktivitesinde görev alır [4].

Yüksek miktarda çinko, büyümenin gecikmesine ve bitkinin erken yaşlanmasına neden olmaktadır [55]. Çinko toksisitesinde sürgün gelişiminde azalma, klorofil sentezinin olumsuz etkilenmesi, genç yapraklarda kloroz [56], köklerde mitoz bölünmenin engellenmesine bağlı olarak hem kök hem de gövde gelişiminin azalması gibi problemler ortaya çıkmaktadır [57].

Başta fosfor olmak üzere, çinkonun bakır, demir ve kalsiyum ile yüksek oranda rekabeti vardır. Bu nedenle çinkonun bitkiye yarayışlılığı veya toksisitesini diğer besin elementleri belirlemektedir. Yapılan bir çalışmada toprağı uygulanan DAP gübresi ile bitkinin

toprakta çinko alımı artış göstermiştir [58]. Bitkinin topraktan çinko alımına kalsiyum sinerjistik demir ise antagonistik etki yapmaktadır. Yüksek miktarlarda çinko, toprakta demir bulursa dahi bitkinin demirden yararlanamamasına, dolaylı olarak da demirin görevi olan klorofil sentezini engelleyerek fotosentezin aksamasına neden olmaktadır [55].

3.6. Demir

Demir, bitkilerde fotosentezin başyapıtıdır. Klorofil pigmentlerinin sentezinden sorumlu olan demir, eksikliği halinde fotosentezin akmasına neden olan mutlak gerekli bir besin elementidir. Demir toksisitesi çok yaygın değildir. Genellikle toksisite etkisi, bazı bitkilerin toprak pH'ını düşüren kök salgıları salgılaması sonucu demir alımının artmasıyla gerçekleşmektedir [59]. Toksikite etkisi gösteren demir, yapraklarda yanıklıklara, kök ve gövdenin bodurlaşmasına neden olur [6]. Ayrıca demir toksisitesi ile bitkilerde aminoasit bağlanması ve protein sentezi olumsuz etkilenmektedir [60].

Toprakta yüksek mangan birikimi bitkinin demir alımını olumsuz etkiler [61]. Yüksek mangan miktarıyla demirden yararlanamayan bitkide, demir eksikliğine bağlı olarak klorofil sentezi olumsuz etkilenir ve kloroz görülür. Topraklara uygulanan demir içerikli gübreler, kirecin fazla olduğu koşullarda etkili olmamaktadır. Bu durum demir ve kalsiyumun antagonistik etkisinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca toprak pH'sının 8'den büyük olduğu koşullarda yine bitki tarafından demir alımının engellendiği belirtilmiştir [62]. Bu durum, alkali karakterli topraklarda demirin bitki için alınmaz formlara dönüşmesiyle ilişkilidir.

3.7. Kadmiyum

Kadmiyum, korozyona karşı koruyucu özelliğinden dolayı gemi, boya, elektronik ve sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [63]. Biyolojik ömrünün uzun olması ve düşük konsantrasyonlarda bile yüksek etkisinden dolayı en toksik ağır metallerden biridir [64]. Ayrıca kadmiyumun suda çözünme kapasitesi çok yüksektir. Bu sebeple, su kaynaklarının kirlenmesine ve su kaynaklarındaki canlı popülasyonunun azalmasına neden olur.

Kadmiyum, motorlu taşıtların yağlarının yanmasından kaynaklı olarak toz zerreciklerinin çökmesiyle bitki ve topraklara geçiş yapabilmektedir [65]. Bilinçsiz gübre ve tarım ilacı kullanımı, atık suların ve arıtma çamurlarının tarım arazilerinde kullanımı, toprak ve su kaynaklarında kadmiyum birikimine neden olmaktadır. Özellikle topraklara uygulanan fosforlu gübreler ile topraklarda biriken kadmiyum miktarının artış gösterdiği yapılan çalışmalar ile desteklenmiştir [66, 67].

Bitki bünyesine geçen kadmiyum azot ve karbonhidrat metabolizmasını değiştirir [68], enzim aktivitesini engeller, stomaların kapanmasına ve böylece transpirasyonla su kaybının azalmasına neden olur [69]. Kadmiyum stresine maruz kalan bitkilerde, potasyum ve nitrat alımı azalmaktadır. Yapılan bir çalışmada, toprağa

50 µM kadmiyum uygulamasının, bitkinin yaprak ve köklerindeki nitrat içeriğini sırasıyla % 24 ve % 62 oranında azalttığı bildirilmiştir [70]. Nitrat alımının azalması ile bitkide sürgün gelişimi zayıflayacak, birçok fizyolojik aktivite olumsuz etkilenerek, bitkide yıkım olayları gerçekleşecek ve ayrıca toprakta zamanla biriken aşırı nitrat, yer altı sularına karışarak su ve topraklarda nitrat kirliliğine neden olacaktır.

3.8. Kobalt

Kobalt, davranış bakımından nikel ve demire benzerlik gösteren, yer kabuğunun % 0,001'ini oluşturan bir ağır metaldir [6]. Kullanım alanları petrol, seramik, boya, mürekkep, elektronik sanayi ile askeri alanlar olarak sıralanabilir [71].

Kobalt insanlar, hayvanlar ve prokaryotlar için gerekli bir element olmasına rağmen bitkilerdeki fonksiyonu tam anlamıyla anlaşılmamıştır [72]. Fakat düşük dozlarda uygulanan kobaltın, bitki verim ve kalitesinde artış sağladığı bildirilmiştir [73]. Aynı çalışmada kobaltın artan dozuyla şeker, aminoasit ve protein içeriği ile enzim aktivitesi azalmış, bitki verimi olumsuz etkilenmiştir. Başka bir çalışmada ise artan dozlarda kobalt miktarının, bitkinin büyüme karakteristiğini, biyokütlesini ve verimini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır [74]. Kobaltın yüksek miktarı toksik etki göstererek, fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlara müdahalede bulunur ve bitki verimini azaltır.

3.9. Krom

Krom, deri, boya, cam, seramik, çelik, asit gibi birçok sanayi ve kimya dallarında kullanılan [75], bitki metabolizması için gerek duyulmayan hatta metabolizmaya dahil olduğunda toksik etki gösteren bir ağır metaldir.

Krom stresine maruz kalan bitkilerde stresten kaçınma ve savunma amacıyla üretilen reaktif oksijen türleri, bitkide lipid, protein ve DNA'nın oksidatif hasar görmesine neden olur [76]. Ayrıca kroma maruz kalan bitkilerde, membran zararlanmaları, yapı ve organlarda değişiklikler, büyüme ve gelişmenin engellenmesi [77], kökler aracılığıyla besin ve su temin mekanizmasının bloke olması, fotosentez pigmentlerinin bozulması ve enzim aktivitesinde anormallikler görülmektedir [78].

3.10. Kurşun

Kurşun, ilk metal özelliği taşımakla beraber insan kaynaklı faaliyetlerle doğaya zarar veren en önemli ağır metaldir [4]. İnorganik ve organik formları bulunan kurşunun, inorganik formu atmosferde partiküller halinde, organik formu ise uçucu özelliğe sahip olduğu için gıda maddelerine, toprak ve su kaynaklarına kolayca geçebilecek bir yapıdadır [79]. Bu sebeple, kurşunun atmosfer kirliliğine azımsanmayacak kadar yüksek oranda etkisi vardır.

Kurşun kozmetik, petrol, mücevher, tarım ilaçları gibi birçok endüstri ve sanayi dalında kullanılmasına rağmen,

çevre kirliliğine neden olan büyük miktarı, motorlu taşıtların egzoz gazlarından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple araç trafiğinin yoğun olduğu otoyol kenarlarında bulunan topraklarda, kurşun miktarı yüksek seviyelerde olmaktadır.

Toprağa geçen kurşun, çözünebilir formdayken topraktan yıkanabilmekte ve yer altı sularına geçerek su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Toprakta bulunan çözünebilir formdaki kurşun, mikroorganizmalar veya topraktaki diğer ağır metaller, organik maddeler ve bileşikler tarafından hareketsiz şekle dönüştürülebilir [80]. Kurşunun bitkiler tarafından alınımını azaltmak için kalsiyum ve fosfor içerikli gübreler kullanılabilir [55].

Kurşunun yüksek miktarıyla bitki biyokütlesinde, protein içeriğinde [81], yaprak sayısında ve gövde uzunluğunda azalmalar görülmektedir [82]. Kurşun toksisitesi, hücre duvarlarının stabilitesini, hücre turgorunu, yaprak alanını ve stomaların açılıp kapanma döngüsünü olumsuz etkiler [68]. Bu olumsuz etkiler, bitkinin fotosentez yapmasını, besin maddesi ve su alımını azaltır. Yeterli su alamayan ve beslenemeyen bitkinin gelişiminde zayıflamalar görülür. Yapılan bir çalışmada, toprağa uygulanan kurşun ile bitki kök büyümesinin % 40'lara, sürgün büyümesinin ise % 25'lere kadar azaldığı ve köklerdeki kurşun birikiminin sürgünlere göre neredeyse 3.5 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir [83]. Köklerde daha fazla kurşun birikmesinin nedeni, bitkinin gövde, meyve ve sürgünlerini kurşun toksisitesine karşı korumak için uygulamış olduğu bir savunma mekanizması olarak değerlendirilebilir.

3.11. Mangan

Mangan, özellikle paslanmaz çelik yapım sanayisinde kullanılmaktadır. Topraklarda organik bileşiklere bağlı olarak veya çözünebilir, değişebilir, indirgenebilir şekillerde olmak üzere farklı kimyasal formlarda bulunur [84]. Bitkiler, topraktaki manganın değişebilir formundan kolayca yararlanabilirler. Mangan, bitki dokularında yapı taşı olarak görev aldığından, bitkilerin ihtiyaç duyduğu mangan miktarı çok düşüktür [85]. Tropikal bölgelerde, kum bünyeli ve pH'ı 6'nın üzerinde olan topraklarda mangan eksikliği görülmektedir [55].

Mangan toksisitesi, demir toksisitesine benzer özellikler gösterir. Yapraklarda yanıklıklar, lekeler, buruşukluklar ve şekil bozuklukları, zamanla yapraklarda gerçekleşen mantarlaşmalar mangan toksisitesinin başlıca göstergeleridir [86]. Ayrıca artan mangan dozunun, azot alınımını azalttığı belirtilmiştir [87]. Bunun sebebi, toprakta bulunan yüksek mangan miktarının azot bakterilerinin faaliyetini indirgemesi olabilir. Mangan birikimi, toprak ve atmosferdeki azot döngüsünü ve bitkilerdeki azot hareketini olumsuz etkileyerek, atmosfer ve çevre kirliliklerine neden olabilir.

3.12. Molibden

Molibden, toprakta azot bakterilerine yardımcı olarak, azot fiksasyonunun gerçekleşmesine katkı sağlar [88].

Molibden noksanlığında toprakta biriken azot, su ve topraklarda azot miktarının artmasına neden olur.

Toprağa uygulanan molibden ile nitrojenaz enzim miktarının ve azot içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir [89]. Farklı dozlarda uygulanan molibdenin, nohut bitkisinde verim artışına neden olduğu bildirilmiştir [90]. Başka bir çalışmada, molibdenin, dal ve bakla sayısını, bitki boyunu, protein oranını ve bitkinin su tutma kapasitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır [91]. Çalışmalardan elde edilen verim ve kalite artışlarının asıl nedeni, molibdenin bitkiye azot sağlama yönündeki olumlu etkisidir. Fakat bu olumlu etki molibden miktarıyla doğru orantılı değildir. Eşik değeri aşan molibden, azot fiksasyonunu engellediği gibi bitkiye toksik etki yapmakta, bitki verimini azaltmakta, yapraklarda solgunluk ve sararmışlığa neden olmaktadır. Toprağa uygulanan yüksek molibden miktarının, bitkide azot miktarını azalttığı ve azot miktarındaki azalmayla beraber bitki veriminin de olumsuz etkilendiği belirtilmiştir [92].

3.13. Nikel

Nikel, kömür, petrol, boya, elektronik, bakır ve çelik sanayisinde, madencilikte, fosil yakıtların yanmasında karımıza çıkan bir ağır metaldir [6]. Evsel ve endüstriyel atıklarda bolca bulunduğu için arıtma çamurları ve atık suların tarım alanlarında kullanılmasıyla toprağa, suya ve atmosfere rahatlıkla geçebilmektedir.

Nikel, kil bünyeli ve mineral maddece zengin topraklarda fazla, peat ve organik topraklarda ise az miktarlarda bulunur [84]. Az veya çok tüm topraklarda bulunan nikelin asıl kaynağı, fosforlu gübreler ve volkanik kökenli kayalardır [93]. Yapılan bir çalışmada, kimyasal gübre kullanılan topraklarda, bitkiler tarafından alınan nikel miktarı, gübre kullanılmayan topraklara göre daha yüksek miktarlarda bulunmuştur [67]. Bu durum, kimyasal gübrelerin, toprakları asitleştirmesi ve humus içeriğini zenginleştirmesinden kaynaklanmaktadır. Asit topraklarda nikelin çözünürlüğü arttığı için bitki tarafından alınabilirliği de artış göstermektedir [93].

Bir bitki besin elementi olan nikelin, bitkiler için mutlak gerekliliği tam anlamıyla açıklanmamıştır. Fakat, nikel bitkide üreaz ve hidrogenaz gibi enzimlerin yapı maddesini oluşturduğu için nikel eksikliği söz konusu olduğunda üreaz formundaki gübrelerden bitkiler yararlanamamaktadır [86]. Yapılan bir çalışmada, besin çözültüsüne nikel uygulanmayan bitkilere göre, nikel uygulanan bitkilerde, üreaz aktivitesi daha yüksek, yaprak yanıklığı daha düşük miktarlarda olmuştur [94].

Yüksek nikel miktarı toksik etki göstererek, bitki fizyolojisini ve biyokimyasal süreçleri olumsuz etkiler. Klorofil sentezi ve yağ metabolizmasının engellenmesi [68], total pigmentlerin, karotenoidlerin, klorofil a ve b'nin azalması, besin eksikliği ve beslenme bozukluklarının ortaya çıkması nikel toksisitesinin başlıca göstergeleridir [95].

4. AĞIR METALLERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Ağır metaller, insan vücuduna besin zinciri yoluyla, solunumla veya deriyle temas halinde geçebilmektedirler. Ağır metallerin bir kısmı insan vücudunda metabolik faaliyetler için gerekli olmakla beraber yüksek konsantrasyonlarda sağlık için olumsuz etkiler ortaya çıkararak, ölümlere neden olabilmektedirler. Bunun nedeni, ağır metallerin, lipid metabolizmasına veya protein yapılarına bağlanarak vücutta birikmelerinden kaynaklanmaktadır [96].

Arsenik, karaciğerin büyümesine, kansızlığa, deride kahverengi lekeler ve birçok cilt hastalıklarına neden olabilmektedir. Yüksek miktarda arseniğin kemik ve solunum sistemi kanserine neden olduğu belirtilmiştir [29]. Bakır, saç, deri, kemik ve bazı iç organlar için temel yapı taşı olmasına rağmen yüksek miktarı büyüme ve gelişmenin yavaşlamasına, saçların ağarmasına, vücut ısısının düşmesine ve beyin hasarlarına neden olmaktadır [97]. Bor, karaciğer, böbrek, kas gibi yapılardan daha çok kemik dokusunda tutulmaktadır [98]. Borun zehir etkisi ile bulantı, baş ağrısı, ishal, kaslarda kasılmalar, cilt lezyonları, sindirim mekanizmasında ve salgı bezlerinde düzensizlikler ortaya çıkmaktadır [99]. Civanın yüksek miktarının, böbrek hasarlarına, sinir sisteminde tahribatlara, hamilelikte düşüğe ve bebekte anormalliklere neden olduğu bilinmektedir [29]. Kronik civa zehirlenmesi, diş eti iltihaplarına, titremeye ve psikolojik bozukluklara neden olmaktadır [100]. Sularda 3 mg/L'nin üzerinde bulunan çinko, birçok sağlık problemine neden olmaktadır [101]. Çinko, ülsere, akciğerlerde ödeme, mukoz zarlarda ve solunum yollarında tahrişlere neden olmaktadır [67]. Ayrıca çinkonun etkisini belirlemek için deney hayvanları üzerinde yapılan bir çalışmada, çinkonun kanserojenik etkisi olduğu tespit edilmiştir [102]. Demir, vücutta bazı metabolik faaliyetlerin gerçekleşmesi aşamasında kullanılır. Eksikliği halinde nefes daralması, halsizlik, yorgunluk ve kansızlık görülmektedir [101]. Demirin yüksek miktarı karaciğer yetersizliği, baş dönmesi ve mide rahatsızlıkları gibi problemlere neden olmaktadır [103]. Kadmiyum, kemik erimesi ve diş hastalıklarının başlıca kaynağıdır [104]. Yapılan çalışmalar ile kronik kadmiyum zehirlenmesinin akciğer ve prostat kanserine neden olduğu belirtilmiştir [105]. Kobalt, akciğerlerde çözünerek kana ve idrara karışmaktadır [106]. Solunum yolu ile vücuda alınan kobalt, akciğer kanserine neden olduğu gibi DNA yapısında olumsuz etkiler ortaya çıkarmaktadır [107]. Krom, günlük doz sınırları içerisinde alındığında sağlık için bir problem oluşturmamaktadır [67]. Fakat yüksek miktarda kromun solunmasıyla, üst solunum yolu rahatsızlıkları, astım ve burun içinde tahribata bağlı olarak kanamalar görülmektedir [63]. Kurşun, antik çağlardan beri ilk metal özelliği taşımakla beraber insan metabolizmasına yüksek derecede zarar veren önemli bir ağır metaldir [68]. İnsan vücudunda eşik değeri aşan kurşun, kana karıştıktan sonra kemik ve diğer organlara yayılarak böbrek, beyin ve sinir sistemlerinde tahribatlara neden olmaktadır [108]. Manganın yüksek konsantrasyonları, Alzheimer hastalığına yol açabilmektedir [109]. Ayrıca

manganın, mitokondriyal bozulmada ve merkezi sinir sistemi hücrelerinin ölümünde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir [110]. Molibden, metabolik faaliyetler için gerekli bir element olmasına rağmen eşik doz aşıldığında, amino asitlerin in-toleransına, beyin hasarlarına, bilincin zayıflamasına ve biyokimyasal anormalliklere neden olur [111]. Nikelin eşik değeri üstünde alınımı sonucunda, ishal, kusma, nefes daralması, karaciğer ve böbreklerde hasarlar oluşabileceği gibi kronik nikel zehirlenmesine bağlı olarak alerjik reaksiyonlarda ortaya çıkabilmektedir [29].

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ağır metal birikimiyle, toprak, tarımsal üretim için verimsiz bir hal alır. Bu durumdan bitki fizyolojisi olumsuz etkilenir ve birim alandan elde edilen verim ve kalite azalır. Atmosfer kirliliğinde de önemli bir yer alan ağır metaller, toz partikülleri halinde toprak ve su yüzeylerine geçebildikleri gibi topraklardan sızarak veya erozyonla taşınarak da su kaynaklarını kirlitebilirler. Ayrıca ağır metaller canlı sağlığını da tehlikeye sokarlar. Hayvan ve insanların, ağır metalleri solması, teması veya besin zinciriyle beslenmesi aşamasında birçok sağlık problemi ortaya çıkar. Toprak, bitki, su ve atmosfer üzerinde bir kısır döngüye sahip olan ve insan sağlığını büyük oranda olumsuz etkileyen ağır metallerin, mutlak suretle riskleri minimize edilmeli ve derhal önlemler alınmalıdır.

Ağır metallerin toprağa etkisi, toprak özelliklerine göre değişiklik gösterdiği için toprağı iyi tanımak, toprak özelliklerini bilmek ve ağır metal-toprak etkileşimini iyi anlamak gerekmektedir. Bu nedenle, bu konuyla ilgili detaylı çalışmalar yapılmalı ve araştırmalar ile literatür zenginleştirilmelidir.

Toprak, insanoğlu için verimliliğin devamını arz eden bir kaynaktır. Bu sebeple, ağır metaller ile kirlenmiş toprakların temizlenmesi, sürdürülebilir tarım için önemli bir kısıttır. Topraklarda, ağır metallerin kirlilik derecesi belirlenmeli, planlı ve projeli bir şekilde aşama aşama iyileştirme çalışmaları yapılmalı, hatta toprakta ağır metal kirliliğini belirtecek haritalar oluşturulmalı ve belirli zaman aralıklarıyla yenilenmelidir. Ağır metal kirliliğiyle risk altında olan bölgeler sürekli izlenmeli ve kirlilik boyutu takip edilmelidir. Ağır metallerin, topraklardan temizlenmesi için başta fito ve biyo remediasyon teknikleri olmak üzere, çevre dostu, kolay, pratik ve ekonomik uygulamalara ihtiyaç vardır. Bu konuda çalışmaların yapılması, yeni tekniklerin geliştirilmesi ve hiperakümülatör bitkilerin fizyolojilerinin tam anlamıyla anlaşılması, büyük oranda toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

Ağır metale maruz kalan bitkilerde oluşan kalite bozuklukları, tüketicinin albenisini azaltmakta, birim alandan elde edilen verimin azalması ve bitkilerde ağır metal kalıntısı ihracatı olumsuz etkilemekte ve bu durum ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenlerle, ağır metallerin bitki fizyolojisi üzerine etkisi ve bitkilerin ağır metallere karşı savunma mekanizmaları tam olarak anlaşılmalıdır. Ağır metalleri dışlayıcı ve ağır

metallere karşı dayanıklılığı yüksek bitki genetiklerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Su kaynakları üzerinde artan baskı ve kirlilik, sadece tarım değil tüm sektörleri olumsuz etkilemektedir. Sulama amacıyla kullanılan atık sular veya toprak ıslahı amacıyla kullanılan arıtma çamurları, toprakta ağır metal birikimine neden olabilir. Özellikle uzun süreli arıtma çamuru ve atık su kullanımlarında, ağır metal birikimini çözmek için toprak ve su kaynaklarında, belli periyotlarda ağır metal analizleri yapılmalıdır. Daha kolay analiz yöntemlerinin ve arazide ölçüm tekniklerinin geliştirilmesiyle, ağır metallerin takibi hızlı ve sürekli olacağından dolayı, toprak ve sularda ağır metallerin birikim riski azalacaktır. Bunların yanı sıra doğal bir servet olan su kaynaklarının korunması ve ağır metal kirliliğinden arındırılmasına yönelik çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Büyük çoğunluğu insan kaynaklı faaliyetler sonucunda oluşan ağır metal kirliliğini indirmek için ilgili kişilere eğitimler verilmeli ve çevre bilinci çocuk yaşlarda aşılanmalıdır. Ağır metallerin kullanıldığı endüstri ve sanayi dallarında, kullanım miktarı azaltılmalı ve bitkisel kökenli ürünlerin kullanımı teşvik edilmelidir. Tarımsal üretimde, kimyasal gübrelerin ve ilaçların kullanımı azaltılmalı, kullanım miktarları takip altında tutulmalıdır. Vahşi çöp depolama yöntemlerinin yerine ileri teknoloji çöp işletim tesisleri kurulmalıdır. Atıkların bertarafında ileri teknolojiler kullanılmalı ve yeni teknolojiler geliştirilmelidir. Maden ocakları, nükleer tesisler, tıbbi alanlardan ortaya çıkan atıklar ve çöpler titizlikle arıtılmalı, arıtılmadan doğaya asla bırakılmamalıdır. Tüm bunlar yasal zorunluluklar ile kontrol altında tutulmalı, caydırıcı cezalar uygulanarak hukuki düzenlemeler yapılmalıdır. Ağır metal kirliliğine büyük oranda etki eden motorlu taşıtların egzoz gazları takip altında tutulmalı, araç bakımları zamanında yapılmalı ve toplu taşıma kullanımına özen gösterilmelidir. Araç yakıtı olarak kurşunlu benzin kullanımı tamamen ortadan kaldırılmalı, daha az emisyonu sahip LPG kullanımı yaygınlaştırılmalı hatta etanol gibi yenilenebilir biyoyakıtların kullanımı geliştirilmeli ve bu konuda çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Duffus JH. Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry. 2002;74(5):793-807.
- [2] Batır MB. Kurşun (Pb) ve Bakır (Cu) Ağır Metal Stresi Uygulanan Enginar (*Cynara scolymus L.*) Tohumlarının Fiderlerinde Oluşan DNA Değişikliklerinin Belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi; 2014.
- [3] Kafadar F, Saygıdeğer S. Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları İle Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun Miktarlarının Belirlenmesi. Ekoloji. 2010;75:41-48.
- [4] Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. Alınları Zirai Bilimler Dergisi. 2009; 17(2): 14-26.
- [5] Taciroğlu B, Kara EE, Sak T. Toprakta Ağır Metal Gideriminde Solucanların Kullanımı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni. Doğa Bilimleri Dergisi. 2016;19(2):201-207.
- [6] Seven T, Can B, Darende BN, Ocak S. Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi. 2008;1(2):91-103.
- [7] Mancosu N, Snyder RL, Kyriakakis G, Spano D. Water scarcity and future challenges for food production. Water. 2015;7(3):975-992.
- [8] Wuana RA, Okieimen EF. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. International Scholarly Research Network ISRN Ecology. 2011;1-20.
- [9] Montiel-Rozas MM, Madejón E, Madejón P. Effect of heavy metals and organic matter on root exudates (low molecular weight organic acids) of herbaceous species: An assessment in sand and soil conditions under different levels of contamination. Environmental Pollution. 2016;216:273-281.
- [10] Kiziloglu FM, Turan M, Sahin U, Kuslu Y, Dursun A. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea L. var. botrytis*) and red cabbage (*Brassica oleracea L. var. rubra*) grown on calcareous soil in Turkey. Agricultural Water Management. 2008;95(6):716-724.
- [11] Cherfouh R, Lucas Y, Derridj A, Merdy P. Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(35):35571-35581.
- [12] Elfanssi S, Ouazzani N, Mandi L. Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa L.*) irrigated by treated domestic wastewater. Agricultural Water Management. 2018;202:231-240.
- [13] Leuther F, Schlüter S, Wallach R, Vogel HJ. Structure and hydraulic properties in soils under long-term irrigation with treated wastewater. Geoderma. 2019;333:90-98.
- [14] Khurana MPS, Singh P. Waste water use in crop production: a review. Resources and Environment. 2012;2(4):116-131.
- [15] Singh A, Agrawal M. Effects of Waste Water Irrigation on Physical and Biochemical Characteristics of Soil and Metal Partitioning in Beta vulgaris L. Agr. Research. 2012;1(4):379-391.
- [16] Singh S, Parihar P, Singh R, Singh VP, Prasad SM. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics. Front Plant Science. 2016;6:1-36.
- [17] Galavi M, Jalali A, Ramroodi M, Mousavi SR, Galavi H. Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*Sorghum bicolor L.*). Journal of Agricultural Science. 2010;2(3):235-241.
- [18] Yerli C, Şahin Ü, Çakmacı T, Tüfenkçi Ş. Effects of Agricultural Applications on CO₂ Emission and Ways to Reduce. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Tech. 2019;7(9):1446-1456.

- [19] Liu L, Li W, Song W, Guo M. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: principles and applicability. *Science of the Total Environment*. 2018;633:206-219.
- [20] Mengoni A, Gonnelli C, Galardi F, Gabbriellini R, Bazzicalupo M. Genetic diversity and heavy metal tolerance in populations of *Silene paradoxa* L. (*Caryophyllaceae*): a random amplified polymorphic DNA analysis. *Molecular Ecology*. 2009;19:1319-1324.
- [21] Jayakumar K, Jaleel CA, Vijayarengan P., Changes in growth, biochemical constituents, and antioxidant potentials in radish (*Raphanus sativus* L.) under cobalt stress. *Turkish Journal of Biology*. 2007;31(3):127-136.
- [22] Souza-Santos P, Ramos RS, Ferreira ST, Carvalho-Alves PC. Iron-induced oxidative damage of corn root plasma membrane H⁺ATPase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*. 2001;1512:357-366.
- [23] Soudek P, Katrusakova A, Sedlacek L, Petrova S, Koci V, Marsik P, et al. Effect of heavy metals on inhibition of root elongation in 23 cultivars of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Archives of Env. Contamination Toxicology*. 2010;59:194-203.
- [24] Mohanpuria P, Rana NK, Yadav SK. Cadmium induced oxidative stress influence on glutathione metabolic genes of *Camellia sinensis* (L.). *Environmental Toxicology*. 2007; 22: 368-374.
- [25] Yıldız M, Terzi H, Uruşak B. Bitkilerde krom toksisitesi ve hücrel cevaplar. Erciyes Üni. Fen Bilimleri Ens. Fen B. Dergisi. 2011;27(2):163-176.
- [26] Ibrahim ZM, Ghazi SM, Nabawy DM. Alleviation of heavy metals toxicity in waste water used for plant irrigation. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 2013;4(5):976-983.
- [27] Tunc T, Sahin U. The changes in the physical and hydraulic properties of a loamy soil under irrigation with simpler-reclaimed wastewaters. *Agricultural Water Management*. 2015;158:213-224.
- [28] Gür N, Topdemir A, Munzuroğlu Ö, Çobanoğlu D. Ağır Metal İyonlarının (Cu, Pb, Hg, Cd) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*. 2004;16(2):177-182.
- [29] Çağlarırnak N, Hepçimen AZ. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda Dergisi*. 2010;8(2):31-35.
- [30] Wei CY, Chen TB. Arsenic accumulation by two brake ferns growing on an arsenic mine and their potential in phytoremediation. *Chemosphere*. 2006;63(6):1048-1053.
- [31] Özay C, Mammadov R. Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2016;15(1)68-77.
- [32] Emamverdian A, Ding Y, Mokhberdorran F, Xie Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The Sci. World J*. 2015;5:1-20.
- [33] Aksu E, Yıldız N. Heavy Metal Stress and Tolerance of Plants. *International Soil Congress on Natural Resource Management for Sustainable Development*. Erz.: 2004. p. 54.
- [34] Requejo R, Tena M. Maize response to arsenic toxicity as revealed by proteome analysis of plant shoots. *Proteomics*. 2006;6:156-162.
- [35] Stoeva N, Berova M, Zlatev Z. Effect of arsenic on some physiological parameters in bean plants. *Biological Plant*. 2005;49:293-296.
- [36] Güneş A, Alpaslan M, İnal A. Bitki Besleme ve Gübreleme. 6. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1581, Ders Kitabı No: 533, Ankara, 2013.
- [37] Abedin MJ, Cotter-Howells J, Meharg AA. Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) Irrigated with contaminated water. *Plant and Soil*. 2020;240(2):311-319.
- [38] Miteva E, Merakchiyska M. Response of chloroplasts and photosynthetic mechanism of bean plants to excess arsenic in soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2002;8:151-156.
- [39] Anita S, Rajesh KS, Madhoolika A, Fiona MM. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology*. 2010;48(2):611-619.
- [40] Öztürk M, Aslan Ş, Demirbaş A. Sulama sularındaki arseniğin bitkilerde birikimi. *Pamukkale Üni. Müh. Derg.* 2017;23(3):289-297.
- [41] Imamul Huq SM, Joardar JC, Parvin S. Marigold (*Tagetes patula*) and ornamental arum (*Syngonia sp.*) as phytoremediators for arsenic in pot soil. *Bangladesh Journal of Botany*. 2005;34(2):65-70.
- [42] Raven JA, Evans MCW, Korb RE. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂-evolving organisms *Pho. Res.* 1999;60:111-149.
- [43] Sosse BA, Genet P, Dunand-Vinit F, Toussaint LM, Epron D, Badot PM.. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*. 2004;(166):1213-1218.
- [44] Braz J. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2005;17:145-146.
- [45] Sönmez S, Kaplan M, Sönmez NK, Kaya H, Uz İ. High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2006;63(3):213-218.
- [46] Dunand VF, Epron D, Sossé AB, Badot PM. Effects of copper on growth and on photosynthesis of mature and expanding leaves in cucumber plants. *Plant Science*. 2002;163:53-58.
- [47] Doğan G, Sabah E, Erkal T. Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye’de yapılan bilimsel araştırmalar. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi. İzmir.
- [48] Marschner H. Mineral nutrition of higherplants. 2nd ed. Acad. Press. San Diego. CA, USA; 1999.
- [49] Lukaszewski KM, Blevins DG. Root growth inhibition in boron deficit aluminium stressed scumash may be a result of impaired ascorbate metabolism. *Plant Physiol*. 1996; 112:1135-1140.
- [50] Demirtaş A. Bitkide bor ve etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Derg. 2005;36(2):217-225.
- [51] Gezgin S, Hamurcu M. Bitki beslemede besin elementleri arasındaki etkileşimin önemi ve bor ile diğer besin elementleri arasındaki etkileşimler.

- Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. 2006;20(39):24-31.
- [52] Messer RL, Lockwood PE, Tseng WY, Edwards K, Shaw M, Caughman GB, et al. Mercury (II) alters mitochondrial activity of monocytes at sublethal doses via oxidative stress mechanisms. Journal Biomed Mat. Res. B. 2005;75:257-263.
- [53] Zhou ZS, Huang SQ, Guo K, Mehta SK, Zhang PC, Yang ZM. Metabolic adaptations to mercury-induced oxidative stress in roots of *Medicago sativa* L. Journal Inorganic Bio. 2006; 101:1-9.
- [54] Vaillant N, Monnet F, Hitmi A, Sallanon H, Coudret A. Comparative study of responses in four *Datura* species to a zinc stress. Chemosphere. 2005;59:1005-1013.
- [55] Asati A, Pichhoda M, Nikhil K. Effect of heavy metals on plants: an overview. International J. of Application or Innovation in Engineering & Management. 2006;5:2319-4847.
- [56] Rout GR, Das P. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. Agronomie. 2003;23:3-11.
- [57] El-Ghamery AA, El-Kholy MA, El-Yousser A. Evaluation of cytological effects of Zn⁺² in relation to germination and root growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L. Mutation Research. 2003;537:29-41.
- [58] McGowen SL, Basta NT, Brown GO. Use of Diammonium Phosphate to Reduce Heavy Metal Solubility and Transport in Smelter Contaminated Soil. Journal of Environmental Quality. 2001;30:493-500.
- [59] Becker M, Asch F. Iron toxicity in rice conditions and management concepts. Journal Plant Nutrient Soil Science. 2005;168:558-573.
- [60] Pak O. Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üni., Tekirdağ; 2011.
- [61] Kacar B, Katkat V. Bitki Besleme. 1. Baskı. Nobel Yayın No:849, İstanbul; 2006.
- [62] San N. Ağır metal ve boyar madde içeren atıksuların *Rhodotorula* sp. ile arıtımı [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi, Ankara; 2007.
- [63] Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S. Metallerin çevresel etkileri-I. Metalurji Dergisi 2003;136:47-53.
- [64] Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall F. Effects of wastewater irrigation on physicochemical properties of soil and availability of heavy metals in soil and vegetables. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2009;40(21- 22):3469-3490.
- [65] Yılmaz T. Ağır metallerin (kurşun, çinko, bakır ve kadmiyum) bazı karayosunu türlerinin klorofil içeriği üzerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Ömer Halis Demir Üniversitesi, Niğde; 2015.
- [66] Kabala C, Singh BR. Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Journal of Environmental Quality. 2001;30:485-492.
- [67] Kara EE, Pırlak U, Özdilek HG. Evaluation of Heavy Metals'(Cd, Cu, Ni, Pb and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potatofields in the Province of Niğde, Turkey. Water, Air and Soil Pollution. 2004;153:173-186
- [68] Asri FÖ, Sönmez F. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. Derim. 2006;23(2):36-45.
- [69] Guo J, Dai X, Xu W, Ma M. Over expressing GSHI and AsPCSI simultaneously increases the tolerance and accumulation of cadmium and arsenic in *Arabidopsis thaliana*. Chemosphere. 2008;72:1020-1026.
- [70] Chaffei C, Pageau K, Suzuki A, Gouia H, Ghorbel MH, Masclaux-Daubresse C Cadmium Toxicity Induced Changes in Nitrogen Management in *Lycopersicon esculentum* Leading to a Metabolic Safeguard Through an Amino Acid Storage Strategy. Plant Cell Physiol. 2004;45(11):1681-1693.
- [71] Okudan M. Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üni. Isparta; 2009.
- [72] Khan MR, Khan MM. Effect of varying concentration of nickel and cobalt on the plant growth and yield of chickpea. Australian Journal of Basic and Applied Science. 2010;4(6):1036-1046.
- [73] Jayakumar K, Jaleel CA, Azooz MM. Impact of cobalt on germination and seedling growth of *Eleusine coracana* L. and *Oryza sativa* L. under hydroponic culture. Global Journal of Molecular Sciences. 2008;3(1):18-20.
- [74] Khan MAA, Siddhu KG. Phytotoxic effects of Cadmium (Cd) on Physiology of Urdbean [*Vigna mungo* (L.) Hepper.]. Advances in Plant Sciences. 2006;19(2):439-451.
- [75] Shanker AK, Cervantes C, Loza-Tavera H, Avudainayagam S. Chromium toxicity in plants. Environment international. 2005;31(5):739-753.
- [76] Vajpayee P, Rai UN, Ali MB, Tripathi RD, Yadav V, Sinha S, et al. Chromium-induced physiologic changes in *Vallisneria spiralis* L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. Bulletin of Env. Cont. and Toxicology. 2006;67(2):246.
- [77] Kimbrough DE, Cohen Y, Winer AM, Creelman L, Mabuni C. A critical assessment of chromium in the environment. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2009;29(1):1-46.
- [78] Ali S, Bai P, Zeng F, Cai S, Shamsi IH, et al. The ecotoxicological and interactive effects of chromium and aluminum on growth, oxidative damage and antioxidant enzymes on two barley genotypes differing in Al tolerance. Environmental and Experimental Botany (EEB). 2011;70(2-3):185-191.
- [79] Karademir M, Toker MC. Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi. II. Ul. Ekoloji ve Çevre Kirliliği. Ank.: 1995. p. 699-711.
- [80] Tornabene TG, Edwards HW. Microbial uptake of lead. Science. 1972;176:1334-1335.
- [81] Hussain A, Abbas N, Arshad F. Effects of diverse doses of lead (Pb) on different growth attributes of *Zea mays* L. Agricultural Sci. 2013;4(5):262-265.

- [82] Kabir AM, Iqbal MZ, Shafiq M. Effects of lead on seedling growth of *Thespesia populnea* L. *Advances in Env. Biology*. 2009;3(2):184-190.
- [83] Verma S, Dubey RS. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science*. 2003;164:645-655.
- [84] Kacar B. *Toprak Analizleri*. 2. Baskı. Nobel Yayınları No:1387, Ankara; 2009.
- [85] Kacar B, İnal A, Bitki Analizleri. 1. Baskı. Nobel Yayınları No: 1241. Ankara; 2010.
- [86] Kacar B, Katkat AV, Gübreler ve Gübreleme Tekniği. 1. Baskı. Nobel Yayınları No: 1119. Ankara; 2007.
- [87] Kasmuri N, Sabri SNM, Wahid MA, Rahman ZA, Abdullah MM, Anur MZK. Using zeolite in the ion exchange treatment to remove ammonia-nitrogen, manganese and cadmium. In *AIP Conference Proceedings*; AIP Publishing; 2008. p. 020004.
- [88] Ergene A. İz elementlerin bitki, hayvan ve insan hayatı bakımından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010;3(3):1-12.
- [89] Hafner H, Ndunguru BJ, Bationo A, Marschner H. Effect of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N₂-fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. *Fertilizer Research*.1992;31(1):69-77.
- [90] Oğuz F. Sulu ve Kuru Tarım Koşullarında Farklı Dozlarda Uygulanan Molibdenin Bazı Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim ile İlgili Karakterlere Etkilerinin Araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van; 2004.
- [91] Mut Z, Gülümser A. Bakteri aşılması ile birlikte çinko ve molibden uygulamasının Damla-89 nohut çeşidinin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2005;20(2):1-10.
- [92] Akkuş E. Farklı Dozlarda Uygulanan Molibdenin Nohut (*Cicier Arietinum* L.) Bitkisinin Azot İçeriğine Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çanakkale; 2009.
- [93] Brohi AR, Aydeniz A, Karaman MR. *Toprak Verimliliği*. G.O.P. Üniv., Zir. Fak. Yay:5 Kitaplar Serisi: 5, Tokat:1995.
- [94] Krogmeier MJ, Mccarty GW, Shogren DR, Bremner JM. Effect of nickel deficiency in soybeans on the phototoxicity of foliar applied urea. *Plant and Soil*. 1991;135:283-286.
- [95] Zengin FK, Munzuroglu O. Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 2005;47(2):157-164.
- [96] Özmert S. Cu(II), Zn(II) ve Cd(II) Metallerini Sulu Çözeltilerinden Pomza ve Kompozit Kullanarak Uzaklaştırma [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta; 2005.
- [97] Özbolat G, Tuli A. Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*. 2006;25(4):502-521.
- [98] Velioğlu S, Şimşek A. İnsan sağlığı ve beslenme açısından bor. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2003;4(2):123-130.
- [99] Turkez H, Geyikoglu F, Tatar A, Keles MS, Kaplan İ. The effects of some boron compounds against heavy metal toxicity in human blood. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2012;64(1-2):93-101.
- [100] Bakar C, Baba A. *Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu*. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. Nevşehir; 2009. p. 10-25.
- [101] Atıcı AA, Gültekin A, Şen F, Elp M. Erciş (Van) İlçesi İçme Sularının Su Kalitesi Özellikleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2016;26(4):517-528.
- [102] Vural H. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Ekoloji*. 1993;8: 3-8.
- [103] Finkelman RB, Skinner HCW, Plumlee GS, Bunnell JE. *Medical geology*. *Geotimes*. 2001;46(11):20-23.
- [104] Aksoy Ö. Sulu Çözeltilerden Bazı Boyarmaddelerin ve Bakır Metalinin Uzaklaştırılmasında Yeni Bir Adsorplayıcı Olarak Nar Posasının Değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Dicle Üniversitesi, Diyarbakır; 2012.
- [105] Asri FÖ, Sönmez F, Çıtak S. Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Derim*. 2007;24(1):32-39.
- [106] Yamada K. Cobalt: its role in health and disease. In: Astrid S, Helmut S, Roland KOS, editors. *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases*. Springer: Dordrech; 2013. p. 295-320.
- [107] Boğa A. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*. 2007;16(3):218-234.
- [108] Matta G, Gjyli L. Mercury, lead and arsenic: impact on environment and human health. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 2016;9(2):718-725.
- [109] Schroeter JD, Nong A, Yoon M, Taylor MD, Dorman DC, Andersen ME, et al. Analysis of manganese tracer kinetics and target tissue dosimetry in monkeys and humans with multi-route physiologically based pharmacokinetic models. *Toxicological Sciences*. 2010;120(2):481-498.
- [110] Bowman AB, Kwakye GF, Hernández EH, Aschner M. Role of manganese in neurodegenerative diseases. *J. of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2011;25(4):191-203.
- [111] Gupta CU, Srivastava C, Gupta CS. Role of micronutrients: Boron and molybdenum in crops and in human health and nutrition. *Current Nutrition & Food Science*. 2011;7(2):126-136.



Avokadoda Dünyada Yaygın Olarak Kullanılan Klonal Anaçlar ve Kullanım Nedenleri

Gizem GÜLER^{1*}, Hamide GÜBBÜK², M. Alper ARSLAN¹

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kampüs, Antalya

Gizem GÜLER ORCID No: 0000-0001-8763-5604

Hamide GÜBBÜK ORCID No: 0000-0003-3199-0660

M. Alper ARSLAN ORCID No: 0000-0003-4164-9984

*Sorumlu yazar: gizem.guler@tarimorman.gov.tr

(Alınış: 11.05.2020, Kabul: 24.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Persea americana Mill,
Tohum anacı,
Klonal anaç,
Duke 7,
Dusa

Öz: Avokadonun ticari çoğaltımında, vejetatif çoğaltım yöntemlerinden aşı ile çoğaltım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çoğaltım yönteminde, anaç olarak tohum ya da klonal anaçlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte, avokado yetiştiriciliği yapan ülkelerin çoğu hala tohum anacı kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni, üretim maliyetinin klonal anaçlara göre çok düşük olmasıdır. Ancak tohum anaçları kullanıldığında meydana gelen genetik açılımlar nedeniyle ağaçların büyüme, gelişme ve verimlilikleri açısından homojenlik sağlanamamakta, biyotik/abiyotik stres koşullarına dayanıklılık değişkenlik göstermekte ve kültürel işlemler zorlaşmaktadır. Bu nedenlerle klonal anaç kullanımı önem kazanmaktadır. Klonal anaçlar arasında en popüler anaçlar, 'Dusa', 'Duke 7' ve 'Bounty'dir. Klonal anaçlar ise yaygın olarak ABD (Kaliforniya) ve Güney Afrika'da kullanılmaktadır. Dünyada avokado yetiştiriciliği yapan ülkeler arasında iklim ve toprak şartları açısından farklılıklar bulunmakta ve anaçlar değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, avokado yetiştiriciliğinde henüz ideal bir anaç bulunmamaktadır. Bu konu üzerinde ıslah çalışmalarına hala yoğun olarak devam etmektedir. Bu derlemede, avokadoda klonal anaç kullanımının nedenlerine ve dünyada yaygın olarak kullanılan klonal anaçlara değinilmiştir.

Commonly Used Avocado Clonal Rootstocks in the World and Reasons Why They Are Used

Keywords

Persea americana Mill,
Seedling rootstock,
Clonal rootstock
Duke 7,
Dusa

Abstract: Grafting, one of the vegetative propagation methods, is widely used as a commercial propagation method for avocado (*Persea americana* Mill.) cultivation. Seedling or clonal rootstocks are used as a rootstock in this propagation method. Nevertheless, most of the countries in which avocado is grown still use seedling rootstocks. The most important reason for the usage of seedling rootstocks is their low cost compared to clonal rootstocks. However, due to the genetic variation that occurs when seedling rootstocks are used, the growth, development and productivity of the trees cannot be homogenous, the resistance to biotic/abiotic stress conditions varies from plant to plant and cultural processes become difficult. For these reasons, the use of clonal rootstocks is very important. The most popular rootstocks among clonal avocado rootstocks are 'Dusa', 'Duke 7', and 'Bounty'. Clonal rootstocks are commonly used in the USA (California) and South Africa. There are differences in terms of climate and soil conditions among avocado growing countries and rootstocks vary. Therefore, there is no ideal rootstock in avocado cultivation yet. Breeding studies on this subject still continue intensively.

1. GİRİŞ

Avokado (*Persea americana* Mill.), Lauraceae familyasında ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılan en önemli türlerden biridir. Guatemala'dan, Meksika'nın kuzey ve doğu bölgelerine Orta Amerika'nın pasifik kıyılarına kadar uzanan geniş bir coğrafi alana

yayılmıştır. Bu nedenle, Meksika (*P. americana* var. *drymifolia*), Guatemala (*P. americana* var. *guatemalensis*) ve Batı Hint (*P. americana* var. *americana*) olmak üzere 3 farklı soya sahiptir [1]. Bu soylar aynı kromozom sayısına (n = 24) sahiptir ve kendi aralarında kolaylıkla melezlenebilmektedir. Günümüzde ticari olarak yetiştirilen çeşitler bu üç soy ve melezlerinden oluşmuştur. Subtropik iklimlerde

Guatemala ve Meksika soyuna ait çeşitler tercih edilirken, tropik iklimlerde Batı Hint soyuna ait çeşitler tercih edilmektedir [2].

Dünyada avokado üretimi 2014 yılı itibariyle artmaya başlamış ve bugün 6.407.171 tona ulaşmıştır. Avokado üreten ülkeler arasında dünya üretiminin yarısına yakını karşılıyan Meksika ilk sırada yer almakta ve bunu sırasıyla Dominik Cumhuriyeti, Peru, Endonezya, Kolombiya, Brezilya ve Kenya izlemektedir [3]. İhracat yapan ülkelerin en başında, üretimde olduğu gibi Meksika (%43.4) ilk sırada yer almakta ve bunu sırasıyla Peru (%12), Hollanda (%11.8), Şili (%8.5), İspanya (%5.2), Kenya (%2.5) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (%2.1) izlemektedir. Önemli ölçüde avokado ithalatı yapan ülkeler arasında ise ABD ilk sırada yer almakta ve bunu sırasıyla Hollanda, Fransa, Birleşik Krallık, İspanya, Kanada, Almanya ve Japonya izlemektedir [4].

Ülkemizde ticari olarak avokado yetiştiriciliğine 1970'li yılların başında FAO aracılığıyla, Kaliforniya'dan getirilen 4 çeşit ('Fuerte', 'Hass', 'Bacon' ve 'Zutano') ile başlamıştır. Daha sonra 1980'li yıllarda Kaliforniya ve Korsika'dan 38 yeni çeşit daha getirilerek toplam 42 çeşit ile 1989–1991 yılları arasında Antalya-Serik koşullarında yeni bir adaptasyon parseli kurulmuştur. Avokado ülkemize uzun yıllar önce girmesine rağmen, üretimi son yıllarda artmaya başlamıştır. Bunun nedenleri, dünya pazarında üretimde açık olması, getirisinin yüksek olması ve sağlığa yararlı etkilerinin farkına varılması gösterilebilir [5]. Ülkemizde Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya ve Mersin illeri ile Ege bölgesinde yer alan Muğla ilinde, avokado üretimi yapılmaktadır. Adana ve Hatay illerinde ise deneme ve araştırma bahçeleri kurulmuş ve yeni yeni ticari bahçeler kurulmaya başlanmıştır. Ülkemizde avokado üretimi son on yılda yüzde 230 oranında artarak, 4.209 tona ulaşmıştır. Üretiminin %81'i Antalya, %16.6'sı Mersin ve %1.85'i ise Muğla'dan sağlanmaktadır [6]. Bu derlemede, avokadoda klonal anaç kullanımının nedenlerine ve dünyada yaygın olarak kullanılan klonal anaçlara değinilmiştir.

2. TOHUM VE KLONAL ANAÇLAR

Avokadonun ticari çoğaltımında, diğer meyve türlerinde olduğu gibi vejetatif çoğaltım yöntemi kullanılmaktadır. Vejetatif çoğaltım yöntemlerinden ise yaygın olarak aşıl ile çoğaltım yöntemi tercih edilmektedir. Bu çoğaltım yönteminde anaca ihtiyaç vardır. Anaçlar tohum ve klonal anaç olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.1. Tohum Anaçları

Avokadonun aşılı çoğaltımında uzun yıllardır tohum anaçlar kullanılmaktadır. Avokado tohumları heterozigotik özellik göstermesinden dolayı açılımlar meydana gelmektedir. Bu durum, her bir bitkinin diğerlerinden genetik olarak farklı olmasına yani ağaçların, büyüme ve gelişmeleri açısından heterojenlik göstermesine neden olmaktadır. Buna ilave olarak tohum anaçlarının biyotik/abiyotik stres koşullarına

dayanıklılığı değişkenlik göstermekte, verimde homojenlik sağlanamamakta ve kültürel işlemler zorlaşmaktadır [7,8]. Dünyada yaygın olarak kullanılan tohum anaçlar ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dünyada yaygın olarak kullanılan tohum anaçlar ve özellikleri [8,17]

	TOPA TOPA	MEXICOLA	ZUTANO	G-6
Çoğaltım türü	Tohum	Tohum	Tohum	Tohum
Coğrafi orijini	Kaliforniya	Kaliforniya	Kaliforniya	Guatemala
Soy/Tür	Meksika	Meksika	Meksika x Guatemala	Meksika
Normal topraklarda verimlilik	Orta	Verimli	Verimli	Orta
Normal topraklarda ağaç boyu	Çok kuvvetli	Çok kuvvetli	Çok kuvvetli	Çok kuvvetli
<i>Phytophthora</i> kök çürüklüğünün tolerans	Çok hassas	Çok hassas	Çok hassas	Hassas
Tuza tolerans	Hassas	Çok hassas	Orta	Hassas
Soğuğa tolerans	Çok toleranslı	Çok toleranslı	Çok toleranslı	Toleranslı

2.2. Klonal Anaçlar

Tohum anaçlarının genetik açılımlar göstermesi nedeniyle son yıllarda klonal anaç kullanımı önem kazanmıştır. Klonal anaçlar ise homojen özellik göstermekte, biyotik/abiyotik stres faktörlerine karşı toleranslı ya da dayanıklı olmakta, büyük çoğunluğu bodur büyüme eğilimi göstermekte, meyve verimini ve kalitesini arttırmakta, sık dikime elverişli özellik göstermekte ve kültürel işlemleri kolaylaştırmaktadır [7,9]. Klonal anaç kullanımının en büyük dezavantajı ise, ağaç başına düşen telif ücretinin yüksek olmasıdır.

2.2.1. Klonal anaç kullanımını gerektiren nedenler

2.2.1.1. Düşük sıcaklık

Avokado yetiştiriciliğini etkileyen iklimsel tehlikeden biri düşük sıcaklıktır. Avokado sıfırın altındaki sıcaklıklara hassastır ve dünyada avokado yetiştiriciliği yapılan birçok bölgede zaman zaman don zararı meydana gelmektedir. Bu nedenle hem meyveler hem de ağaçlar için soğuğa tolerans son derece önemlidir. Batı Hint soyu, dondurucu sıcaklık derecelerine karşı en hassas soydur. Guatemala ise soğuklara orta derecede toleranslı, Meksika soyu ve melezleri ise en toleranslı soydur [10].

2.2.1.2. *Phytophthora* kök çürüklüğü (PRR)

Avokado yetiştiriciliğini sınırlandıran en önemli ve ciddi hastalık, *Phytophthora* kök çürüklüğü (PRR)'dür. Bu hastalık nedeniyle, sadece Kaliforniya'da avokado bahçelerinin %60-75'ini olumsuz etkilemiş ve yıllık 40 milyon dolardan fazla ekonomik kayba neden olmuştur [11]. Bu nedenle, avokado yetiştiriciliğinde anaçlarda

istenen en önemli özellik, kök çürüklüğüne neden olan PRR'ya karşı yeterli derecede direnç sağlanmasıdır. Kaliforniya, Güney Afrika ve İsrail'de PRR'ya dirençli anaç geliştirme adına birçok çalışma yapılmıştır. Bazı avokado anaçlarının *Phytophthora* türlerinden *P. cinnamomi*'ye toleranslıyken *P. citricola*'ya hassas olduğu belirlenmiştir [12]. Bu nedenle avokado yetiştiriciliğinde her iki *Phytophthora* türünün neden olduğu kök çürüklüğüne dayanıklı anaçlara ihtiyaç vardır.

2.2.1.3. Tuzluluk

Avokado üretimini sınırlandıran faktörlerden biri olan tuzluluk, genellikle yetersiz yağışın olduğu yarı kurak Akdeniz iklimine sahip olan ülkelerde (Kaliforniya, İsrail, Şili, Meksika, İspanya vb.) karşımıza çıkmaktadır. Nemli subtropik iklime sahip olan ülkelerde (Doğu Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Afrika vb.) ise bu sorunla nadir karşılaşmaktadır [13]. Meksika soyu tuzluluğa çok hassas, Guatemala soyu tuzluluğa orta derecede toleranslı ve Batı Hint soyu ise tuzluluğa en toleranslı soy olarak bilinmektedir [14,15].

2.2.1.4. Kireçli topraklar

Avokado, alkali koşullara ve kireçli topraklarda kloroza karşı hassastır [16]. Yüksek pH'lı ve kireçli topraklara toleranslı klonal anaç seleksiyonu İsrail'de gerçekleştirilmiştir. Batı Hint soyuna ait anaçlar kireçli topraklarda geliştiğinde kloroza yüksek derecede toleranslı olduğu, Guatemala soyuna ait anaçların ise çok hassas olduğu bilinmektedir [7]. Dünyada yaygın olarak kullanılan klonal anaçlar ve özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dünyada yaygın olarak kullanılan klonal anaçlar ve özellikleri [17,32]

	DUKE 7	BORCHARD	DUSA	LATAS	BOUNTY	VELVICK
Çoğaltım türü	Klonal	Klonal	Klonal	Klonal	Klonal	Klonal ve Çoğaltım
Coğrafi orijini	Riverside / Kaliforniya	Oxnard /Kaliforniya	Westfalia/ Güney Afrika	Westfalia/ Güney Afrika	Kiepersol/ Güney Afrika	Avustralya
Soy/Tür	Duke/ Meksika	Hayatta kalan ağaç/ Meksika	Hayatta kalan ağaç/ Meksikax Guatemala	Hayatta kalan ağaç/ Meksikax Guatemala	Hayatta kalan ağaç/ Meksikax Guatemala	Hibrit/ Batı Hint
Aşılama potansiyeli	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Zayıf
Normal topraklardaki verim	Orta	İyi	Orta-Yüksek	Orta	Orta-Yüksek	Düşük-Orta
Normal topraklarda ağaç gelişimi	Orta	İyi	Orta	Orta	Düşük-Orta	Yüksek
<i>P. cinnamomi</i> tolerans	Orta	Çok hassas	Çok toleranslı	Çok toleranslı	Çok toleranslı	Toleranslı
<i>P. citricola</i> tolerans	Toleranslı	Orta	?	?	?	Orta
Tuza tolerans	Orta	Orta	Çok Toleranslı	Çok Toleranslı	Marjinal topraklar için toleranslıdır	Toleranslı
Soğuğa tolerans	Çok toleranslı	Çok toleranslı	Çok Toleranslı	Çok Toleranslı	Çok toleranslı	Az toleranslı

2.2.2. Dünyada klonal anaç geliştiren ülkeler

Günümüzde avokado endüstrisinde kullanılan klonal anaçların çoğu Kaliforniya Riverside Üniversitesi (UCR) tarafından geliştirilmiştir [17]. Kaliforniya Avokado Endüstrisi, *Phytophthora cinnamomi*'nin neden olduğu kök çürüklüğünün ölümcül etkisine karşı 1950'li yıllarda bu hastalığa toleranslı ilk klonal anaç ('Duke 7') elde etmiştir [18,19]. Ancak 'Duke 7'nin ağır bünyeli topraklardaki performansının düşük olması, *Phytophthora*'ya orta derecede toleranslı olması ve tuzluluğa orta derecede toleranslı olması nedeniyle tekrar yeni anaç arayışlarına geçilmesine neden olmuştur [20,21]. 'Duke'den elde edilen 'Duke 6', 'Barr Duke' ve 'D9' anaçları ise kök çürüklüğüne karşı toleranslı olmalarına karşın, ticari anlamda önemli olan diğer özelliklere sahip olmadıkları için 'Duke 7'nin önüne geçememişlerdir. 'Martin Grande' (G755 serileri), *Phytophthora* kök çürüklüğüne toleranslı ve tuzlu koşullara 'Duke 7'den daha toleranslı olması nedeniyle değerlendirilmiş, ancak veriminin düşük olması ve *P. citricola*'ya hassas olması nedeniyle önerilmemektedir [21,22]. Kaliforniya'da hayatta kalmış ağaçlardan selekte edilen bir diğer anaç ise 'Borchard'dır. 'Borchard', *Phytophthora* kök çürüklüğüne toleranslı olmamasına rağmen alkali topraklarda çok iyi performans göstermektedir [23]. 'Thomas', *P. cinnamomi*'ye toleranslı olması neticesinde ticarileşmiştir [24]. Ancak *P. citricola*'nın neden olduğu gövde, taç ve kök enfeksiyonuna karşı hassastır. Bu nedenle 'Thomas' klonal anaçının Kaliforniya'daki kullanımı azalmıştır [12]. 'Zentmyer' (PP4) *Phytophthora* kök çürüklüğüne toleranslı ve tuza 'Thomas'dan daha toleranslı, Dusa'dan daha az toleranslıdır. Bir diğer anaç ise 'Uzi' olup, *Phytophthora* kök çürüklüğüne toleranslıyken tuza hassastır [25]. Kaliforniya'da 2009-2010 yılları arasında avokado endüstrisinin toplam fidan satışının %90'a yakını klonal anaçlar oluşturmaktadır [26].

Güney Afrika'da Westfalia Estate tarafından Kaliforniya'dan 1962 yılında kök çürüklüğüne toleranslı anaçlar ('Duke 6', 'Duke 7', 'D9', 'Barr Duke', 'Martin Grande' ve 'Thomas') ithal edilerek klonal anaç kullanımı ve çoğaltım çalışmaları başlamıştır. Güney Afrika koşulları için anaçların değerlendirilmesinde *Phytophthora* kök çürüklüğüne ilave olarak toprak stres faktörleri (havasız, yüksek asitli ve verimsiz topraklar) de göz önünde bulundurulmuş ve bu tip topraklara toleranslı 'Dusa' klonal anaç ortaya çıkmıştır [27]. 'Dusa'nın popülaritesi son yıllarda artmış ve ticari olarak avokado üreten bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır [28]. 'Duke 7' ise popülaritesini yavaş yavaş kaybetmiştir [29]. 'Latas', kök çürüklüğüne ve tuza tolerans açısından 'Dusa'ya eşittir ancak 'Dusa'nın başarısından dolayı ticari bir anaç olarak pazarlanamamıştır [30]. Daha sonra Güney Afrika'da *Phytophthora* kök çürüklüğüne yüksek toleranslı ve marjinal topraklara adapte olabilen 'Bounty' klonal anaç elde edilmiştir. Bounty anaç, Dusa ve Duke 7'den sonra en popüler üçüncü klonal anaç olmuştur. Güney Afrika'da 2009-2010 yılları

arasında avokado endüstrisinin toplam avokado ağaç satışının %88'ini klonal anaçlar oluşturmaktadır [31].

Avustralya avokado endüstrisi çoğunlukla yerel olarak seçilmiş ve bu koşullara iyi adapte olmuş olan 'Velvick' anacının tohum ve klonal anaçlarına dayanmaktadır. İsrail avokado endüstrisi ise tuzluluğa toleranslı yaklaşık 50 Batı Hint klonu geliştirilmiştir [7]. Bunlardan 'Nachar' klonal anacın ticari çeşitlerle uyumu çok iyidir, alkali ve tuzlu topraklara toleranslıdır [26]

4. SONUÇ

Dünyada hala çoğunlukla tohum anaçları kullanılmaktadır. Tohum anaçlarının klonal anaçlara göre üretim maliyeti çok düşükken klonal anaçlarda ağaç başına düşen telif ücreti çok yüksektir. Bu nedenle tohum anaçları daha çok tercih edilmektedir. Ancak arazideki performansları dikkate alındığında, tohum anaçları homojen özellik göstermemekte ve biyotik/abiyotik stres koşullarına dayanıklılığı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle klonal anaçlar ön plana çıkmaktadır. Dünyada avokado yetiştiriciliği yapan ülkeler arasında iklim ve toprak şartları açısından farklılıklar olması nedeniyle, istenilen özelliklere sahip anaçlarda değişkenlik göstermektedir. Klonal anaçlar yaygın olarak ABD (Kaliforniya) ve Güney Afrika'da kullanılmaktadır. Bu ülkelere ek olarak Yeni Zelanda, İspanya, Avustralya, Kenya ve Tanzanya'da klonal anaç kullanımı yaygınlaşmaya başlamış; Şili, Brezilya, İsrail, Arjantin, Fas ve Peru'da ise sınırlı sayıda kullanılmaktadır [25]. Dünyada klonal anaç kullanan ülkeler arasında en yaygın kullanılan 'Dusa'dır. Bunun nedeni, *P. cinnamomi*'ye, soğuğa ve tuza karşı yüksek tolerans göstermesidir. Bu klonal anaç ek olarak 'Duke 7' ve 'Bounty' de yaygın olarak kullanılmaktadır. Avokado yetiştiriciliğinde istenen özelliklerin hepsine karşılık veren bir anaç henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle anaç ıslah çalışmalarına yoğun şekilde devam edilmektedir. Ülkemizde henüz klonal anaç kullanımı yaygın değildir. Son yıllarda Gazipaşa, Alanya ve Anamur ilçelerinde fusarium ve *phytophthora* gibi hastalıkların bazı bahçelerde yaygınlaşmaya başladığı yapılan survey çalışmalarında belirlenmiştir. Bu nedenle gelecekte ülkemizde klonal anaç kullanımı önem kazanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Silva TA, Ledesma N. Avocado history, biodiversity and production. In: Nandwani D, editors. Sustainable horticultural systems, sustainable development and biodiversity. Springer International. Switzerland: 2014. p. 157-205.
- [2] Scora RW, Wolstenholme BN, Lavi U. Taxonomy and botany. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN, editors. The avocado: botany, production and uses. Cab International. New York: 2002. p. 15-37.
- [3] FAO; 2018 [20.02.2020]. Erişim adresi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc>.
- [4] FAO; 2017 [20.02.2020]. Erişim adresi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>
- [5] Bayram S, Arslan A, Turgutoğlu E. Türkiye'de avokado yetiştiriciliğinin gelişimi, önemi ve önerilen bazı çeşitler. Derim. 2006;23(2):1-13.
- [6] TÜİK; 2019 [20.02.2020]. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- [7] Ben-Ya'acov A, Michelson E. Avocado rootstocks. Horticultural Reviews. New York: 1995;17:381-429.
- [8] Bender GS, Menge JA, Arpaia ML. Avocado rootstocks. In: Bender GS, editors. Avocado production in California. 2nd ed. California: 2003. p. 45-55.
- [9] De Villiers AI, Ernst AA. Avocado rootstock research: principals and practices. Proceedings of The World Avocado Congress VIII, Lima September 13-18 2015. p. 40-45.
- [10] Lahav E, Lavi U. Genetics and classical breeding. In: Schaffer B, Wolstenholme BN, Whiley AW, editors. The avocado: botany, production and uses. Cab International. Wallingford: 2002. p. 39-69.
- [11] Coffey MD. *Phytophthora* root rot of avocado. In: Kumar J, Chaube H, Singh US, Mukhopadhyay AN, editors. Plant diseases of international importance. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey: 1992. p. 423-444.
- [12] Tsao PH, Alizadeh A, Krausman E. Susceptibility to *phytophthora citricola* of certain avocado rootstock cultivars known to be tolerant to *phytophthora cinnamomi*. In: Lovatt C, Holthe PA, Arpaia ML, editors. Proceedings of The Second World Avocado Congress. University of California. Riverside: 1992. p. 89-94.
- [13] Whiley, AW. (1992) Avocado Varieties And Rootstocks – A Review. In: Proceedings of The Avocado Research Workshop. Queensland Department Of Primary Industries, Brisbane, Australia: p. 15-20.
- [14] Haas, ARC. Effect of sodium chloride on mexican, guatemalan and west indian avocado seedlings. California Avocado Society Yearbook. 1950;35:153-160.
- [15] Embleton TW, Matsumura M, Storey WB, Garber JJ. Chloride and avocado rootstocks. California Avocado Society Yearbook. 1961;45:110-115.
- [16] Kadman A, Ben-Ya'acov A. Selection of avocado rootstocks for calcareous soils. Journal of Plant Nutrition. 1982;5:639-643.
- [17] Crane JH, Douhan G, Faber BA, Arpaia ML, Bender GS, Balerdi CF, Barrientos-Priego AF. Cultivars and rootstocks. In: Schaffer B, Wolstenholme BN, Whiley AW, editors. The avocado: botany, production and uses. 2nd ed. Cab International. London: 2013. p. 200-234.
- [18] Rose LS. Horticultural characteristics of Hass avocado on commercial clonal and seedling rootstocks in California. Proceedings V World Avocado Congress. 2003. p. 171-175.
- [19] Whiley A, Giblin F, Pegg K, Whiley D. Preliminary results from avocado rootstock research in Australia. Proceedings of the VI World Avocado Congress. Viña Del Mar, Chile: 2007.

- [20] Oster JD, Arpaia ML. 'Hass' avocado response to salinity as influenced by clonal rootstocks. Proceeding of The Second World Avocado Congress. University of California. Riverside; 1992. p. 209-214.
- [21] Mickelbart MV, Bender GS, Witney GW, Adams C, Arpaia ML. Effect of clonal rootstocks on 'Hass' avocado yield components, alternate bearing, and nutrition. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2007;82:460-466.
- [22] Coffey MD, Guillemet FB. Profiles of UCR clonal rootstocks. California Avocado Society Yearbook. 1987;71:169-171.
- [23] Brokaw W. Field experiences with clonal rootstocks. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 1987;10:34-36.
- [24] Coffey MD, Guillemet FB. Avocado rootstocks. California Avocado Society Yearbook. 1987;71:173-179.
- [25] Menge JA, Douhan GW, Mckee B, Pond E, Bender GS, Faber B. Three new avocado rootstock cultivars tolerant to *phytophthora* root rot: 'Zentmyer', 'Uzi', and 'Steddom'. Hort Science. 2012;47(8):1191-1194.
- [26] Noguera CF, Rooyen ZV, Köhne S. Reasons for the use of clonal avocado rootstocks around the world. Proceedings VII World Avocado Congress, Cairns, Australia; 2011
- [27] Wolstenholme BN. (2003). Avocado rootstocks: what do we know; are we doing enough research. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 2003;26:106-112.
- [28] Smith LA, Dann EK, Pegg KG, Whiley AW, Giblin, FR, Doogan, V, et al. Field assesment of avocado rootstock selections for resistance to *phytophthora* root rot. Australasian Plant Pathology. 2011;40:39-47.
- [29] Rooyen Z. New Developments in horticultural research at Eestfalia, South Africa. Proceedings VII World Avocado Congress. 2011.
- [30] Douhan GW. Current and future perspectives regarding avocado rootstock breeding in USC. California Avocado Society Yearbook. 2009;92:87-111.
- [31] Brokaw V. [Internet] 2020 [03.02.2020]. Erişim adresi:
<https://www.viverosbrokaw.com/products/avocado/avocado-rootstocks/?lang=en>



(3 + 1) boyutlu Kadomtsev-Petviashvili (KP) Denklemine Yeni Tam Çözümleri

Yusuf PANDIR^{1*}, Tural AĞIR²

¹ Yozgat Bozok University, Faculty of Arts & Science, Department of Mathematics, 66100, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, 66100 Yozgat, Türkiye

Yusuf Pandır ORCID No: 0000-0003-0274-7901

Tural Ağır ORCID No: 0000-0002-1521-7873

*Sorumlu yazar: yusuf.pandir@bozok.edu.tr

(Alınış: 03.05.20*, Kabul: 14.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Genişletilmiş deneme denklemi yöntemi, (3+1)-boyutlu Kadomtsev-Petviashvili (KP) denklemi, Tam çözümler

Öz: Kısmi türevli diferansiyel denklemlerin soliton çözümlerini ve Jacobi eliptik fonksiyon çözümlerini elde etmemizi sağlayan genişletilmiş deneme denklemi yöntemi araştırılmıştır. Bu yöntem (3+1)-boyutlu Kadomtsev-Petviashvili (KP) denklemine uygulanmış ve çeşitli yeni tam(kesin) çözümler elde edilmiştir. Bu yeni tam çözümler, literatürde yer almayan çözümlerdir. Ek olarak, elde edilen farklı tam çözümlerin fiziksel davranışlarını anlamak için iki ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

New Exact Solutions of (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) Equation

Keywords

Extended trial equation method, (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation, Exact solutions

Abstract: The extended trial equation method is investigated which allows us to achieve soliton solutions and Jacobi elliptic function solution of the partial differential equations. This method is implemented to the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation and various new exact solutions have been obtained. These new obtain exact solutions are solutions that are not known in the literature. Additionally, two and three-dimensional graphics were drawn to understand the physical behaviors of the distinct obtain exact solutions.

1. INTRODUCTION

The solutions of the nonlinear partial differential equations can guide the understanding of many problems. Therefore, recent studies on such equations have also increased. We can use the notion of the wave to make the solutions of such equations comprehensible. These nonlinear physical occurrences are commonly seen in the fields of optical fibers, plasma physics, chemical physics, fluid mechanics, solid-state physics,

biology, geochemistry, chemical kinematics and engineering..

A solitary wave is a wave that spreads without changing over time. We know that the implementation areas of the waves are fairly high. Consequently, many distinct vigorous and influential methods have been developed by different scientists for the nonlinear partial differential equations. Herewith of these newly developed methods, many physical occurrences will be easier to understand with the determination of the new exact solution functions.

Therefore, many distinct approach methods have been proposed and developed. Sine-cosine method [1,2], Hirota's bilinear transformation method [3,4], (G'/G) -expansion method [5,6], trial equation method [7-10], extended trial equation method [11-13], modified Kudryashov method [14,15] can be given as an example for the developed exact solution methods.

A robust method to find the exact solutions of the nonlinear partial differential equations was recommended by Liu in 2005. Liu's main goal was to find the finite series solution functions using different integration methods for solutions of ordinary differential equations. Later, many scientists developed further this powerful method and brought different versions of this method into the literature. Recently, the proposed method by Liu has been further developed by Güreffe et al and introduced into the literature as an extended trial equation method. This developed method allowed us new and exact solutions of the nonlinear partial differential equations.

In this study the developed method is implemented to the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation. Codes are written according to the required algorithms of the extended trial equation method, and new and different exact solutions of the equations are obtained. In the next section, the outlines of the extended trial equation method are explained in detail.

2. MATERIAL AND METHOD

In this section, we aim to define the extended trial equation method to achieve the new exact solutions of the nonlinear partial differential equations. The extended trial equation method is clarified in detail. Let's suppose the general form of a nonlinear partial differential equation with independent variables x, y, z, \dots, t as

$$Q(u, u_x, u_y, u_z, \dots, u_t, \dots, u_{xx}, u_{xy}, u_{xz}, \dots, u_{xt}, \dots) = 0. \quad (1)$$

Consider travelling wave transformation for Eq. (1) as described below

$$u(x, y, z, \dots, t) = u(\xi), \quad \xi = h_1 x + h_2 y + h_3 z + \dots + h_m t \quad (2)$$

where $h_j \neq 0 (j = 1, 2, 3, \dots, m)$. Substituting Eq. (2) into Eq. (1) reduces a nonlinear ordinary differential equation

$$T(u, u', u'', u''', \dots) = 0. \quad (3)$$

Let's assume the solution of the Eq. (3) with the finite series approach as follows

$$u(\xi) = \sum_{i=0}^{\delta} \tau_i \Gamma^i(\xi) \quad (4)$$

where

$$(\Gamma')^2 = \Lambda(\Gamma) = \frac{\Phi(\Gamma)}{\Psi(\Gamma)} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_1 \Gamma + \varepsilon_2 \Gamma^2 + \dots + \varepsilon_\theta \Gamma^\theta}{\zeta_0 + \zeta_1 \Gamma + \zeta_2 \Gamma^2 + \dots + \zeta_\varepsilon \Gamma^\varepsilon}. \quad (5)$$

Here the $\Gamma(\xi)$ functions are the solution functions of the nonlinear ordinary elliptical differential equation. Using Eq (4) and Eq (5), we get

$$\begin{aligned} (u')^2(\xi) &= \frac{\Phi(\Gamma)}{\Psi(\Gamma)} \left(\sum_{i=0}^{\delta} i \tau_i \Gamma^{i-1}(\xi) \right)^2 \quad (6) \\ u''(\xi) &= \frac{\Phi'(\Gamma)\Psi(\Gamma) - \Phi(\Gamma)\Psi'(\Gamma)}{2\Psi^2(\Gamma)} \sum_{i=0}^{\delta} i \tau_i \Gamma^{i-1}(\xi) \\ &\quad + \frac{\Phi(\Gamma)}{\Psi(\Gamma)} \sum_{i=0}^{\delta} i(i-1) \tau_i \Gamma^{i-2}(\xi) \quad (7) \end{aligned}$$

where $\Phi(\Gamma)$ and $\Psi(\Gamma)$ are polynomials. When the attained derivatives in Eq. (6) and Eq. (7) are analyzed, as stated in the solution function (4) turns into a polynomial expression dependent on a rational $\Gamma(\xi)$ function. The balance process according to Eq. (3) is implemented in terms of the polynomial equivalent of the highest-order term with the highest-order derivative term. With the balancing procedure, δ in solution function (4), θ and ε values in Eq. (5) will be calculated. Some balancing terms are calculated as follows

$$\begin{aligned} uu'' &\rightarrow \Gamma^{\theta+2\delta-\varepsilon-2}, \quad (u')^2 \rightarrow \Gamma^{\theta+2\delta-\varepsilon-2}, \\ u^2 &\rightarrow \Gamma^{2\delta}, \quad u^3 \rightarrow \Gamma^{3\delta}. \quad (8) \end{aligned}$$

Thus, when the calculated values are replaced in the expressions, zero polynomial related to the Γ function is attained. A system of algebraic equations is attained by synchronizing the related terms in this zero polynomial to zero. When the created algebraic equation system is solved with the help of the Mathematica 10 package program, $\varepsilon_0, \dots, \varepsilon_\theta$, $\zeta_0, \dots, \zeta_\varepsilon$ and $\tau_0, \dots, \tau_\delta$ coefficients are obtained. When the attained coefficients are rewritten in the Eq. (5), $\Gamma(\xi)$ functions are attained by calculating the integral

$$\pm(\xi - \xi_0) = \int \frac{d\Gamma}{\sqrt{\Lambda(\Gamma)}} = \int \sqrt{\frac{\Psi(\Gamma)}{\Phi(\Gamma)}} d\Gamma. \quad (9)$$

Then, $\Gamma(\xi)$ functions are substituted in solution function (4), respectively. Thus, by applying the

transformation in the expression of (2) to the obtained $u(\xi)$ functions, new exact solutions of the Eq. (1) are attained.

3. RESULTS

In this section, the extended trial equation method is implemented to the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili equation. The (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili equation was first introduced in 1970 by Boris B. Kadomtsev and Vladimir I. Petviashvili. This equation describes long wavelength water waves with weak nonlinear restore forces, waves in ferromagnetic media, and two-dimensional matter-wave pulses in Bose-Einstein condensates. Due to its importance, it has been extensively studied in the literature [16-18]. This equation has a structure that defines three-dimensional solitons in a weak fluid environment, especially fluid dynamics and plasma physics. The (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation is

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t} + 6u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \right)_x - 3 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \quad (10)$$

where u is a real valued function [18-23]. First let's suppose travelling wave transformation to implement the extended trial equation method to Eq. (10)

$$u(x, y, z, t) = u(\omega), \quad \omega = kx + ly + mz + ct,$$

where k, l, m, c are arbitrary constants. When the integral is taken twice according to ω and the integration constants are selected as zero, Eq. (10) equation as follows

$$(kc - 3(m^2 + l^2))u(\omega) + 3k^2 u^2(\omega) + k^4 u''(\omega) = 0. \quad (11)$$

Using the solution function (4) and differential equation (5), the related derivatives are calculated and replaced in Eq. (11). The balancing process is implemented to determine the δ , θ and ϵ values in solution function (4) and differential equation (5). According to the extended trial equation method, the balancing process is determined between the term u'' containing the highest order derivative and the highest order nonlinear term u^2 as follows

$$u^2 \rightarrow \Gamma^{2\delta}, \quad u'' \rightarrow \Gamma^{\theta+\delta-\epsilon-2}. \quad (12)$$

Accordingly, the balance term is attained as $\theta = \epsilon + \delta + 2$ from the equivalence of the obtained $u'' \approx u^2$ terms. To determine the new solution of the Eq. (10), if the balance terms are selected as $\epsilon = 0$ and

$\delta = 1$, then $\theta = 3$ is attained. When these balancing terms are written in solution function (4) and differential equation (5) respectively, we achieve

$$u(\omega) = \tau_0 + \tau_1 \Gamma(\omega) \quad (13)$$

$$(\Gamma')^2 = \frac{\Phi(\Gamma)}{\Psi(\Gamma)} = \frac{\epsilon_0 + \epsilon_1 \Gamma + \epsilon_2 \Gamma^2 + \epsilon_3 \Gamma^3}{\zeta_0} \quad (14)$$

The term u'' in the Eq. (11) is calculated as

$$u'' = \frac{\tau_1 (\epsilon_1 + 2\epsilon_2 \Gamma + 3\epsilon_3 \Gamma^2)}{2\zeta_0} \quad (15)$$

where $\epsilon_3 \neq 0$ and $\zeta_0 \neq 0$.

When the calculated values are replaced in the Eq. (11), a polynomial expression based on the $\Gamma(\eta)$ function occurs. If we contemplate this polynomial as a zero polynomial, the coefficients of this polynomial are equalized to zero, resulting in a system of algebraic equations.

When this algebraic system is solved with the help of Mathematica 10 packet program, coefficients are found as follows

$$\begin{aligned} \epsilon_0 &= \epsilon_0, \quad \epsilon_1 = \epsilon_1, \quad \epsilon_2 = \frac{3\zeta_0(l^2 + m^2 - 2k^2\tau_0)}{k^4}, \\ \epsilon_3 &= \frac{-2\zeta_0\tau_1}{k^2}, \quad \zeta_0 = \zeta_0, \quad \tau_0 = \tau_0, \quad \tau_1 = \tau_1, \\ c &= \frac{6\zeta_0\tau_0(l^2 + m^2 - 2k^2\tau_0) - k^4\epsilon_1\tau_1}{2k\zeta_0}. \end{aligned} \quad (16)$$

When these attained coefficients are replaced in Eq. (5) and Eq. (9), an integral is obtained

$$\pm(\omega - \omega_0) = H \int \frac{d\Gamma}{\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\epsilon_3} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_3} \Gamma(\omega) + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_3} \Gamma^2(\omega) + \Gamma^3(\omega)}}, \quad (17)$$

where $H = \sqrt{-\frac{k^2}{2\tau_1}}$, It is quite difficult to calculate the integral in Eq. (17). Integrating Eq. (17), we achieve the solutions of the Eq. (10) as follows:

$$\pm(\omega - \omega_0) = -\frac{2H}{\sqrt{\Gamma - \alpha_1}}, \quad (18)$$

$$\pm(\omega - \omega_0) = \frac{2H}{\sqrt{\alpha_2 - \alpha_1}} \arctan \sqrt{\frac{\Gamma - \alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1}}, \quad \alpha_2 > \alpha_1, \quad (19)$$

$$\pm(\omega - \omega_0) = \frac{H}{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}} \ln \left| \frac{\sqrt{\Gamma - \alpha_2} - \sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}}{\sqrt{\Gamma - \alpha_2} + \sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}} \right|, \quad \alpha_1 > \alpha_2, \quad (20)$$

$$\pm(\omega - \omega_0) = -\frac{2H}{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_3}} F(\varphi, l), \quad \alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3, \quad (21)$$

where $F(\varphi, l) = \int_0^\varphi \frac{d\psi}{\sqrt{1 - l^2 \sin^2 \psi}}$,
 $\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{\Gamma - \alpha_3}{(\alpha_2 - \alpha_3)}}, \quad l^2 = \frac{(\alpha_2 - \alpha_3)}{(\alpha_1 - \alpha_3)}.$

Also $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ and α_4 are the roots of the polynomial equation

$$\Gamma^4 + \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_4} \Gamma^3 + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_4} \Gamma^2 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_4} \Gamma + \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_4} = 0.$$

Substituting the solutions (18-21) into (13) and using the wave transformation, we have

$$u_1(x, y, z, t) = \left[\tau_0 + \tau_1 \alpha_1 + \frac{4H^2 \tau_1}{\left(kx + ly + mz + \left(\frac{6\zeta_0 \tau_0 (l^2 + m^2 - 2k^2 \tau_0) - k^4 \varepsilon_1 \tau_1}{2k\zeta_0} \right) t - \omega_0 \right)^2} \right] \quad (22)$$

$$u_2(x, y, z, t) = \left[\tau_0 + \tau_1 \alpha_1 \operatorname{sech}^2 \left(\frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}}{2H} \left(kx + ly + mz + \left(\frac{6\zeta_0 \tau_0 (l^2 + m^2 - 2k^2 \tau_0) - k^4 \varepsilon_1 \tau_1}{2k\zeta_0} \right) t - \omega_0 \right) \right) \right] \quad (23)$$

$$u_3(x, y, z, t) = \left[\tau_0 + \tau_1 \alpha_1 \operatorname{cosech}^2 \left(\frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}}{2H} \left(kx + ly + mz + \left(\frac{6\zeta_0 \tau_0 (l^2 + m^2 - 2k^2 \tau_0) - k^4 \varepsilon_1 \tau_1}{2k\zeta_0} \right) t - \omega_0 \right) \right) \right] \quad (24)$$

$$u_4(x, y, z, t) = \left[\tau_0 + \tau_1 \alpha_3 + \frac{\tau_1 (\alpha_2 - \alpha_3)}{\operatorname{sn}^2 \left(\pm \frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_3}}{2H} \left(kx + ly + mz + \left(\frac{6\zeta_0 \tau_0 (l^2 + m^2 - 2k^2 \tau_0) - k^4 \varepsilon_1 \tau_1}{2k\zeta_0} \right) t - \omega_0 \right) \right), \frac{(\alpha_2 - \alpha_3)}{(\alpha_1 - \alpha_3)} \right] \quad (25)$$

If we take $\tau_0 = -\tau_1 \alpha_1$ and $\omega_0 = 0$ the equations (22)-(24) are obtained respectively rational function solutions:

$$u_1(x, y, z, t) = \left(\frac{\tilde{A}}{kx + ly + mz + ct} \right)^2 \quad (26)$$

where $\tilde{A} = 2H\sqrt{\tau_1}$,
 $c = \frac{6\zeta_0 \tau_0 (l^2 + m^2 - 2k^2 \tau_0) - k^4 \varepsilon_1 \tau_1}{2k\zeta_0}, \quad 1(\text{bright})-$
 soliton solution:

$$u_2(x, y, z, t) = \frac{\tilde{B}}{\cosh^2(B(kx + ly + mz + ct))} \quad (27)$$

where $\tilde{B} = \tau_1(\alpha_2 - \alpha_1), \quad B = \frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_2}}{2H},$
 singular(dark) soliton solution:

$$u_3(x, y, z, t) = \frac{\tilde{C}}{\sinh^2(B(kx + ly + mz + ct))} \quad (28)$$

where $\tilde{C} = \tau_1(\alpha_1 - \alpha_2).$

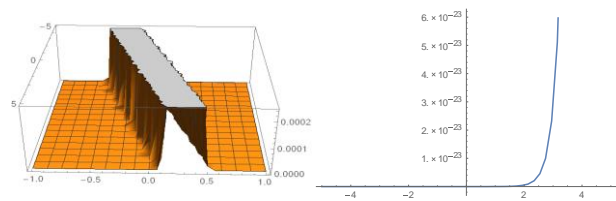


Figure 1. Three and two dimensional graphical for $\alpha_1 = \xi_1 = \tau_0 = 1, \alpha_2 = k = \tau_1 = 2, \zeta_0 = \frac{1}{3},$ of the solution (27).

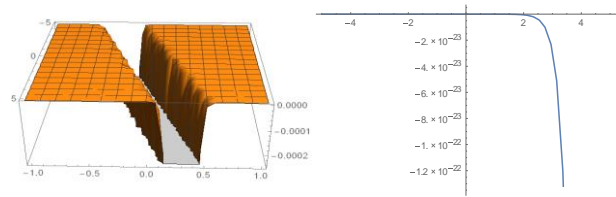


Figure 2. Three and two dimensional graphical for $\alpha_1 = \xi_1 = \tau_0 = 1, \alpha_2 = k = \tau_1 = 2, \zeta_0 = \frac{1}{3},$ of the solution (28).

If $\tau_0 = -\tau_1 \alpha_3$ is taken in Eq. (25), a Jacobi elliptic function solution is found as

$$u_4(x, y, z, t) = \frac{\tilde{D}}{\operatorname{sn}^2(\varphi_2, l_2)} \quad (29)$$

where $\tilde{D} = \tau_1(\alpha_2 - \alpha_3),$

$$\varphi_2 = \pm \frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_3}}{2H} (kx + ly + mz + ct), \quad l_2^2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_3}{\alpha_1 - \alpha_3}.$$

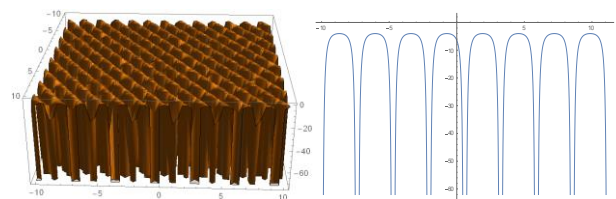


Figure 3. Three and two dimensional graphical for $\alpha_1 = \xi_1 = \tau_0 = 1, \alpha_2 = k = \tau_1 = 2, \zeta_0 = \frac{1}{3}, \alpha_3 = 4$ of the solution (29).

Here, \tilde{B} and \tilde{C} demonstrate the amplitude of the soliton and B demonstrates the inverse width of the solitons and c demonstrates the velocity of the soliton.

Besides, if we get the module as $l \rightarrow 1$ in the elliptic solution Eq.(29), then the solution of the Eq. (10) turns into the following hyperbolic function solution

$$u_5(x, y, z, t) = \frac{\tilde{D}}{\tanh^2 \left[\pm \frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_3}}{2H} (kx + ly + mz + ct) \right]} \quad (30)$$

where $\alpha_1 = \alpha_2$.

On the other hand; when the module is selected as $l \rightarrow 0$ in the Jacobi elliptic solution Eq. (29), then the solution of the Eq. (10) turns into the following periodic wave solution

$$u_6(x, y, z, t) = \frac{\tilde{D}}{\sin^2 \left[\pm \frac{\sqrt{\alpha_1 - \alpha_3}}{2H} (kx + ly + mz + ct) \right]} \quad (31)$$

where $\alpha_2 = \alpha_3$.

When all the solutions obtained from the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation are investigated; solutions (27), (28) and (30) are similar to the results obtained by Lu [19], respectively (4), (10) and (8). Other solutions are new and distinct exact solutions that are not included in the literature. With the proposed method, new exact solutions of this equation are attained. The graphs of the obtained solution functions are illustrated in Fig. 1-3.

4. CONCLUSION

The extended trial equation method has been used to get a new exact solutions of the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation. Through the extended trial equation method elliptic function solutions, periodic function solutions, singular soliton solutions and dark and bright soliton solutions were obtained. This method allows us to find different function solutions together. To understand which physical behaviors of these solutions show, two and three-dimensional graphics are drawn according to the different values of the coefficients in the soliton functions. We think that this method also can be applied to other nonlinear differential equations.

REFERENCES

[1] Wazwaz AM. A sine-cosine method for handling nonlinear wave equations. *Mathematical and Computer Modeling* 2008; 40(5-6): 499-08.

- [2] Wang ML. Exact solutions for compound KdV-Burgers equations. *Physics Letters A* 1996; 213:279-87.
- [3] Hietarinta J. Hirota's bilinear method and its generalization. *International Journal of Modern Physics A* 1997; 12(1): 43-51.
- [4] Pashaev O, Tanoglu G. Vector shock soliton and the Hirota bilinear method. *Chaos, Solitons & Fractals* 2005; 26: 95-105.
- [5] Akbar MA, Ali NHM, Mohyud-Din ST. The modified alternative (G'/G) -expansion method to nonlinear evolution equation: application to the (1+1)-dimensional Drinfel'd-Sokolov-Wilson equation. *SpringerPlus* 2013; 327: 2-16.
- [6] Shakeel M, Mohyud-Din ST. New (G'/G) -expansion method and its application to the Zakharov-Kuznetsov-Benjamin-Bona-Mahony (ZK-BBM) equation. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic & Applied Science* 2015; 18(1): 66-81.
- [7] Liu CS. Trial equation method for nonlinear evolution equations with rank inhomogeneous: mathematical discussions and applications. *Communications in Theoretical Physics* 2006; 45(2): 219-23.
- [8] Liu CS. Applications of complete discrimination system for polynomial for classifications of traveling wave solutions to nonlinear differential equations. *Computer Physics Communications* 2010; 181(2): 317-24.
- [9] Gurefe Y, Sonmezoglu A, Misirli E. Application of trial equation method to the nonlinear partial differential equations arising in mathematical physics. *Pramana-Journal of Physics* 2011; 77(6): 1023-9.
- [10] Gurefe Y, Sonmezoglu A, Misirli E. 2012. Application of an irrational trial equation method to high dimensional nonlinear evolution equations. *Journal of Advanced Mathematical Studies* 2012; 5(1): 41-7.
- [11] Pandir Y, Gurefe Y, Kadak U, Misirli E. Classifications of exact solutions for some nonlinear partial differential equations with generalized evolution. *Abstract and Applied Analysis* 2012; 2012: 1-16.
- [12] Pandir Y, Gurefe Y, Misirli E. Classification of exact solutions to the generalized Kadomtsev-Petviashvili equation. *Physica Scripta* 2013; 87(2):1-12.
- [13] Gurefe Y, Misirli E, Sonmezoglu A, Ekici M. Extended trial equation method to generalized nonlinear partial differential equations. *Applied Mathematics and Computation* 2013; 219(10): 5253-60.
- [14] Pandir Y. Symmetric Fibonacci function solutions of some nonlinear partial differential equations. *Applied Mathematics & Information Science* 2014; 8: 2237-41.
- [15] Tandogan YA, Pandir Y, Gurefe Y. Solutions of the nonlinear differential equations by use of modified Kudryashov method. *Turkish Journal of*

- Mathematics and Computer Science 2013; 1: 54-60.
- [16] Ma WX. Comment on the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili equations. Communications Nonlinear Science & Numerical Simulation 2011; 16(7): 2663-66.
- [17] Osman MS. Nonlinear interaction of solitary waves described by multi-rational wave solutions of the (2+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili equation with variable coefficients. Nonlinear Dynamics 2017; 87(2): 1209-16.
- [18] Chen Y, Yan Z, Zhang H. New explicit solitary wave solutions for (2+1)-dimensional Boussinesq equation and (3+1)-dimensional KP equation. Physics Letters A 2003; 307: 107-13.
- [19] Lu D, Tariq KU, Osman MS, Baleanu D, Younis M, Khater MMA. New analytical wave structures for the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili and the generalized Boussinesq models and their applications. Results in Physics 2019; 14: 102491.
- [20] Ablowitz MJ, Clarkson PA. Solitons, nonlinear evolution equations and inverse scattering, Cambridge, Cambridge University Press; 1991.
- [21] Wazwaz AM. Multiple-soliton solutions for the KP equation by Hirota's bilinear method and by the tanh-coth method. Applied Mathematics and Computation 2007; 190(1): 633-40.
- [22] Sinelshchikov DI. Comment on: new exact traveling wave solutions of the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation. Communications Nonlinear Science & Numerical Simulation 2010; 15: 3235-36.
- [23] Khalfallah M. New exact traveling wave solutions of the (3+1)-dimensional Kadomtsev-Petviashvili (KP) equation. Communications Nonlinear Science & Numerical Simulation 2009; 14: 1169-75.



Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Cüruf Üzerine Adsorpsiyonunun Araştırılması

Orhan ÜNAL^{1*}, Edip BAYRAM², Çağdaş KIZIL², Aytül ÜNAL³, Muhammet Veysel ANTEP³, Buse BAYRAM³

¹ Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Biyoloji. Böl., Antalya.

² Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Kimya. Böl., Antalya.

³ Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara

Orhan ÜNAL ORCID No: 0000-0001-9633-5726

Edip BAYRAM ORCID No: 0000-0001-9800-7451

Çağdaş KIZIL ORCID No: 0000-0003-1727-9610

Muhammet Veysel ANTEP ORCID No: 0000-0001-5509-7645

Buse BAYRAM ORCID No: 0000-0002-5193-3535

*Sorumlu yazar: ounal@akdeniz.edu.tr

(Alınış: 31.03.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
Cüruf,
Adsorbent,
Organik Boya,
İnorganik Boya

Öz: Bu çalışmada, bir ferrokrom işletmesinde ortaya çıkan endüstriyel atık olan cürufun Kristal Viole, kobalt (II) nitrat ve krom (III) nitrat moleküllerinin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması için adsorpsiyon özelliği araştırılmıştır. Cüruf örnekleri çelik eleklerde elenmiş ve 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm elekten geçen cüruf lar deneyler için seçilmiştir. Cüruf örneklerinin yapısı mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzey karakterizasyonu Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu Analizi ile tespit edilmiştir. Cüruf örneklerinde ve bu örneklerin pH okuması için hazırlanan 1. ve 2. yıkama sularında Ni, Cr ve Fe analizleri ile pH ölçümleri yapılmıştır. Mikroskop görüntülerinde cüruf örneklerinin yüzeylerinin gözenekli yapıda olduğu görülmüştür. Gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri incelendiğinde, her iki örneğin de toplam yüzey alanının büyük bir çoğunluğunun gözenek boyutu 8-25 Å aralığında olduğu bulunmuştur. Cüruf örneklerinde Ni, Cr ve Fe miktarları çok yüksek çıkmış, yıkama sularında ise cürufa oranla oldukça düşük bulunmuştur. 1. Yıkama ve 2. Yıkama sularında yüksek pH değerleri saptanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzeyinde boyaları adsorplayan bölgelerin dağılımının heterojen olduğu ve BB-3, Cr³⁺ ile Co²⁺ ile cüruf yüzeyi arasındaki adsorpsiyon prosesi zayıf fiziksel etkileşimler (London kuvvetleri, dipol-dipol vs) yoluyla değil, çok daha kuvvetli olan kimyasal bağ (kovalent veya iyonik) oluşumu yoluyla olduğu bulunmuştur.

126

Investigation of Adsorption Characteristics of Slag Removal of Crystal Violet, Cobalt (II) Nitrate and Chromium (III) Nitrate Molecules from Aqueous Solutions

Keywords
Slag,
Adsorbent,
Organic Dye,
Inorganic Dye

Abstract: The adsorption property of slag, released as waste in a ferrochrome enterprise, is used to remove crystal violet, cobalt (II) nitrate and chrome (III) nitrate molecules from their aqueous solutions, in this study. Slag samples were sieved through 1-0.5 mm and 0.5-0.3 mm pored steel sieves, and chosen for experiments. The structure of the slag samples was examined under a microscope and photographed. The surface characterization of the slag samples was determined by Multipoint BET Analysis and Micro Pore Size Analysis. Ni, Cr and Fe analyzes with pH measurements were made in the slag samples along with their prepared 1st and 2nd washing waters of these samples. The microscope images revealed that the surfaces of the slag samples were porous. When the distribution curves for pore sizes relative to the surface area were examined, it was found that majority of total surface area in both samples were in the range of 8-25 Å. It was observed that measured amount of Ni, Cr and Fe in the slag was very high while, it was found quite low in wash water. High pH values were determined in the 1st and 2nd washing waters. When adsorption region were investigated for slug samples, heterogeneous distribution was found along with existence of strong chemical interactions (covalent or ionic) rather than weak physical interactions (London forces, dipole-dipole) for adsorption process developing between BB-3, Cr³⁺ and Co²⁺ and the slag surface.

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmesine paralel olarak endüstri sanayisi de büyür ve gelişir. Buna bağlı olarak krom ve endüstride kullanılan boya ihtiyaçları da artar. Artan krom talebi üzerine üretim kapasiteleri artmakta ve artık ürün olan cürufun miktarı da artmaktadır. Yine benzer şekilde başta tekstil sektörü olmak üzere birçok sektörde boya kullanımını artmaktadır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan cürufun değerlendirilmesi ve kullanılan boyaların doğaya zarar vermeden bertaraf edilmesi problemleri ortaya çıkmaktadır. Günümüzde bu boyalar maliyetli yöntemlerle arıtılıp doğaya bırakılmaktadır. Son zamanlarda bu boyaların daha az maliyetle bertaraf edilme yolları aranmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden alınan endüstriyel atık olan cürufun (elektrik ark fırını cürufu) kristal viole (bazik mavi 3, BB3), kobalt (II) nitrat ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, Co^{2+}) ve krom (III) nitrat ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, Cr^{3+}) moleküllerinin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması için adsorpsiyon özelliğinin alternatif kullanım imkânının araştırılması amaçlanmıştır. Böylelikle cürufun bazı moleküllerin sulu çözeltilerden uzaklaştırılmasında adsorpsiyon özelliği değerlendirilerek cürufun ekonomiye kazandırılması sağlanacaktır. Sanayide kullanılan ve genelde doğaya bırakılan organik (BB3) ve inorganik (Cr^{3+} ve Co^{2+}) boya moleküllerinin cüruf ile ortamdaki uzaklaştırılması ve temizlenmesi ile meydana gelecek çevre kirliliğinin önüne geçilmiş olacaktır. Kristal viole hegzametil parosanilin olup boya malzemesidir. Kobalt (II) nitrat açık kırmızı bir toz olup suda erir. Bu, kobalt pigmentlerinin imalatında, taş ve porselen süslemede kullanılır. Krom (III) nitrat ise hidrati mor, rombik kristaller halinde bir tuz olup tekstil boyamada mordan olarak kullanılır [1].

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyaların sulardan giderimi en önemli sorunlardan biridir. Bunun için birçok yöntem kullanılmıştır. Örneğin bir çalışmada [2] metilen mavi (methylene blue) boyasının atık sulardan temizlenmesi için Samsun ilinde bulunan dökümhaneden temin edilen ucuz maliyetli bir adsorbent olan bentonitli döküm kumu kullanılmıştır. Çalışmaya göre atık döküm kumun adsorplama kapasitesinin olduğu ve artan boya konsantrasyonu ile giderim veriminde düşme meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Son yıllarda endüstriyel atıklar giderek artmaktadır. Bu atıkların imhası ise işletmelere büyük maliyetler getirmektedir. Bu nedenle bazı atıkların değerlendirilmesi yaygınlaştırılmıştır. Günümüzde cürufun atık bir madde olmayıp ekonomik değeri olan ara ürün olmuştur. Dünyada metalürjik cürufun büyük çoğunluğu tekrar kullanılmaktadır [3].

Ferrokrom cürufu Türkiye'de Antalya Ferrokrom İşletmesi ve Elazığ Ferrokrom İşletmesi olmak üzere iki yerden endüstriyel boyutta çıkmaktadır. Antalya Ferrokrom İşletmesinden çıkan ve çalışma materyalini oluşturan yan ürün cürufun fabrikanın bahçesinde depolanmaktadır. Bu cürufun atık olarak kabul

edilmekte ve ekonomik olarak değerlendirilmesi yapılmamıştır [4].

Yapılan makale taramalarında genelde cürufun tekrar değerlendirilmesi yönünde çalışmalara rastlanılmış olup bunlar cürufun beton yapımında ve yol yapımında kullanılabilirliği şeklindedir. Adsorpsiyon çalışması olarak cürufun azot, fosfor ve ağır metal giderimine bakılmış boyalara karşı adsorpsiyon özelliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Özellikle de Antalya Eti Ferrokrom Fabrikasına ait cürufun adsorbent şeklinde kullanımının araştırılması ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Antalya Ferrokrom İşletmesinden çıkan cürufun yol temel malzemesi olarak kullanımının araştırıldığı bir çalışmada [3] ferrokrom cürufunun fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle yol üst yapısının granüler tabakalarında, doğal yapıya alternatif olabileceği bulunmuştur. Özellikle cürufun çimento ile karıştırıldığında bu karışımın yoğun trafiğe sahip yollarda iyi bir stabilizasyon için alternatif olacağı belirlenmiştir. Ayrıca granüle cürufun özellikle kış aylarında kaygan yollarda kaymayı azaltmak için mucur olarak değerlendirilmesi de mümkündür [5]. Bunun dışında çimento ile karıştırılan atık cürufun Cr gibi kirleticileri bünyesinde tutup yeraltı sularına bırakmadığı bulunmuştur [6].

Cürufun yol yapımı dışında inşaat alanında da kullanımı araştırılmıştır. Buna göre, Elazığ ferrokrom cürufunun çimento içerisindeki miktarının artışı karbonatlaşma derinliğini artırdığı bulunmuştur [7]. Ayrıca betonun basınç dayanımı ve çarpma enerjisi üzerine Elazığ ferrokrom cürufunun etkisinin bakıldığı başka bir çalışmada, cüruf katkısı %3 olan betonların mukavemeti kontrole göre yüksek ve %5 katkılı betonların ise kontrole denk mukavemetler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, cürufun %5'e kadar çimentoya eklenmesi uygun bulunmuştur [8]. Benzer şekilde başka bir çalışmada [9] Elazığ ferrokrom tesisi cürufunun boyut özellikleri sayesinde agrega olarak kullanılabilirliği önerilmiştir. Yapılan çalışmalarda ferrokrom cürufu katkılı betonların fiziksel özellikleri normal betonlara göre daha dayanıklı bulunmuştur. Betonlarda ferrokrom cürufunun katkı oranı arttıkça betonun basınç dayanımı, aşınma ve yıpranmaya karşı dayanımlarda artmıştır [10].

Beton dışında cürufun kullanıldığı bir çalışmada [11] kerpiç toprağına %5, %10 ve %15 oranlarında ferrokrom cürufu katıldığında kerpicin, suda dağılma süresi ve basınç dayanım değerlerinin arttığı bulunmuştur. Ayrıca ferrokrom üretiminde ortaya çıkan Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 içeren uçucu küller de, duvar karosu sırında renklendirici olarak kullanılabilir. Katkı oranına bağlı olarak sıklarda açık sütlü kahverengiden, devetüyü ve koyu sütlü kahverengiye renk geçişleri bulunmuş olup şeffaf, mat ve opak renk tonlarının da değiştiği bulunmuştur [12].

Birçok alanda kullanılmaya başlanan cürufun çevreye etkisi olup olmadığı konusunda yapılan bir çalışmada [13] İskenderun Demir Çelik fabrikasından çıkan

cürufun yağmur suyu ile çözünmediği ve İskenderun Körfezi'nde ağır metal kirliliği oluşturmadığı bulunmuştur. Bu çalışmaya göre doğal koşullarda cüruf suda çözünmemektedir.

Cürufun başka bir uygulama alanı da aşındırıcı olarak kullanılmasıdır. Bununla ilgili bir çalışmada [14] termik santral kömür cürufu ile ferrokrom cürufu, granüle yüksek fırın cürufu ve çelikhane cürufu aşındırıcı olarak karşılaştırıldığında, çelikhane cürufunun, aşındırıcı olarak uygun olduğu bulunmuştur.

Cürufun başka bir kullanım alanı da sulardan kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılmasıdır. Yapay sulak alan sisteminde fosfor gideriminde adsorbent olarak cüruf ve diğer ortam malzemelerinin kullanıldığı bir çalışmada [15] dane büyüklüğünün fosfat gideriminde etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmaya göre dane büyüklüğü açısından ortam malzemesi olarak çakıldan sonra demir-çelik endüstrisi yüksek fırın cürufu, perlit, toprak ve kum gelmektedir ve cürufun adsorbens özelliği yüksektir. ODTÜ'deki ekilmiş sulak alanların fosfor arıtımında yüksek fırın granüle cüruf ve bazı malzemelerin kullanıldığı başka bir çalışmada [16] cürufun adsorplama oranı, diğer malzemelere göre daha yüksek bulunmuştur. Böylelikle adsorbens kapasitesi yüksek olan cüruf sulak alan sistemlerinde fosfor arıtımında ikincil ve üçüncül arıtım için başarıyla kullanılabilir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden elde edilen elektrik ark fırını cürufu ile kristal viole, kobalt nitrat ve krom (III) nitrat boyaları kullanılmıştır.

2.1. Cüruf Örneklerinin Temini:

Çalışmada kullanılan cüruf örneği Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden temin edilmiştir. Cüruf örnekleri fabrikanın cüruf depolama alanında 3 farklı yerden yeni çıkan (1-2 günlük) ve soğumuş ferrokrom (FeCr) cüruflardan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan cüruf metalurjik cüruflar sınıfında "Demir-alaşımı cürufları" alt sınıfına dahil olup elektrik-ark fırınlarında ısıtım işlemi görmüş bir cüruf olması nedeni ile demir-çelik işletmelerinin cüruflarıyla benzerlik göstermektedir [3]. Alınan cüruf örnekleri laboratuara getirilmiş ve deneyler yapıncaya kadar laboratuvar ortamında saklanmıştır.

2.2 Cüruf Örneklerinin Hazırlanması:

Adsorpsiyon deneyleri için cüruf örnekleri çelik eleklerde elenmiş ve 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm elekten geçen cüruflar deneme için seçilmiştir. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin yapısı Olympus BX41M marka mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

2.3. Cüruf Örneklerinin Yüzeysel Karakterizasyonu (Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu) Analizi:

Adsorpsiyon çalışmasında kullanılan 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin Yüzeysel Karakterizasyonu Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu Analizi ile yapılmıştır.

2.4. Cüruf Örneklerinin Ağır Metal Analizleri:

Adsorpsiyon denemelerinde kullanılan 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örnekleri kendilerinde ve bunların pH okuması için hazırlanan (1. ve 2. yıkama sularında) sularında krom (Cr), nikel (Ni) ve demir (Fe) miktarı analizleri iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni ve Fe'dir [3]. Bundan dolayı çalışmada ağır metaller olarak Cr, Ni ve Fe'e bakılmış ve suya geçme durumları incelenmiştir. Ağır metal analizleri için cüruf örnekleri HNO₃ ve H₂O₂ ile yakılarak ICP-MS cihazında okunmuştur. Elde edilen sonuçların istatistiksel (Kruskal-Wallis Testi) hesaplamaları yapılmıştır.

2.5. Cüruf Örneklerinin pH Ölçümleri:

Adsorpsiyon denemesinde kullanılan cürufun suyun pH'na etkisini anlamak için 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinden 0,5 gr tartılmış ve üzerlerine 50 ml saf su eklenmiştir. Hazırlanan örnekler çalkalamalı banyosunda 48 saat 25 °C'de bekletilmiş ve pH ölçümü yapılmıştır (1. Yıkama). Örnekler süzülüp tekrar üzerlerine 50 ml saf su ilave edilip çalkalamalı su banyosunda 48 saat 25 °C'de bekletilmiş ve pH ölçümleri yapılmıştır (2. Yıkama).

2.6. Adsorpsiyon Deneyi İçin Boya Hazırlanması:

Cüruf örneklerinin (1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm) adsorpsiyon özelliklerini belirlemek için kullanılan boyalar kristal viole (Sigma), kobalt (II) nitrat (Merck) ve krom (III) nitrat (Merck)'dir. Kristal violeden 6.10⁻⁵, kobalt (II) nitratından 8.10⁻³ ve krom (III) nitrat'dan 4.10⁻³ molar ve 500 ml olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.7. 1-0,5 mm Cüruf Örneğinin Adsorpsiyon Çalışması:

Her bir boya örneği için 7 farklı ağırlıkta 1-0,5 mm boyutlarında cüruf örnekleri tartılmış, 100 ml'lik erlenlere konulmuştur. Yedişer erlenden oluşan üç seriden birinci seriye 6.10⁻⁵ molar kristal viole (Bazık Mavi 3, BB-3) boyasından 50 ml, ikinci seriye 8.10⁻³ molar kobalt (II) nitrat boyasından 50 ml ve üçüncü seriye 4.10⁻³ molar krom (III) nitrat boyasından 50 ml ilave edilmiştir. Her bir boya için hazırlanan yedişer serili erlenler çalkalayıcıya konulmuş ve 25 °C'de 48 saat çalkalamaya bırakılmıştır.

2.8. 0,5-0,3 mm Cüruf Örneğinin Adsorpsiyon Çalışması:

Her bir boya örneği için 7 farklı ağırlıkta 0,5-0,3 mm boyutlarında cüruf örnekleri tartılmış, 100 ml'lik erlenlere konulmuştur. Yedişer erlenden oluşan üç seriden birinci seriye 6.10^{-5} molar kristal viole boyasından 50 ml, ikinci seriye 8.10^{-3} molar kobalt (II) nitrat boyasından 50 ml ve üçüncü seriye 4.10^{-3} molar krom (III) nitrat boyasından 50 ml ilave edilmiştir. Her bir boya için hazırlanan yedişer serili erlenler çalkalayıcıya konulmuş ve 25 °C'de 48 saat çalkalamaya bırakılmıştır.

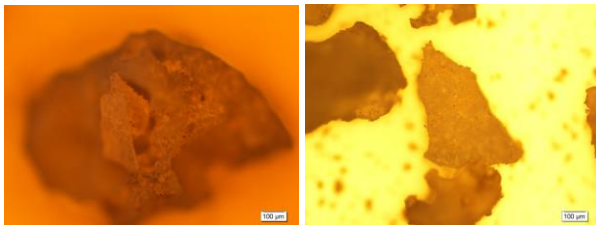
2.9. Adsorpsiyon Denemesi İçin Cüruf Örneklerinin Spektrofotometre Okuması:

Adsorpsiyon denemesi için her üç boya için hazırlanan yedişer örnekler spektrometrede okunmuştur. UV spektrofotometresiyle bir maddenin konsantrasyonun belirlenmesi önce bu maddenin molar absorptivitesinin (ϵ) belirlenmesiyle mümkündür. ϵ 'nin belirlenmesi için önce uzaklaştırılması düşünülen kirletici moleküllerin belirli konsantrasyonlarındaki çözeltileri için 200-800 nm aralığında spektrumları alınmış ve konsantrasyon ölçümleri için uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çalışılan kirleticilerin pH 5,5 değerindeki belirli derişimli çözeltileri için alınmış spektrumlar elde edilmiştir. Çözeltilerin pH değerinin 5,5'den 10,8'e yükselmesi ile yaklaşık 360 nm'nin altındaki piklerde önemli değişimler gözlenmesine karşın 360 nm'nin üzerindeki bölgede her üç molekül için de derişim ölçümlerine izin verebilecek kararlı piklerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre pH 10,8 değerinde spektrofotometrik derişim ölçümünde BB-3 için 250 nm, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ için 512 nm ve $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ için 411 nm seçilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Cüruf Örneklerinin Fotoğrafları:

Cüruf örnekleri mikroskopta incelenmiş ve tipik olarak Şekil 1'deki gibi görüntülenmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cürufların yüzeylerinin gözenekli yapıda olduğu görülmüştür.



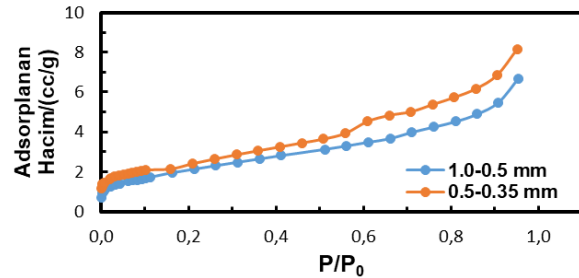
Şekil 1. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyuttaki cürufun mikroskoptaki görüntüsü.

Antalya'daki Ferrokrom cürufları, açık havada yavaş soğumaya bırakıldığı için kristal yapılıdır. Cüruf aktif değıllerdir ve çoğunlukla agrega kullanıma uygundur. Özellikle cüruf kırılıp elendiğinde diğer agregalara göre fiziksel özellikleri üstünlük göstermektedir. Pürüzlü ve boşluklu bir yüzeye sahip olması ve bünyesinde kil ile

silt bulunmaması, nedeniyle cüruf iyi bir adezyona sahiptir. Cürufun su absorpsiyonu boşluklu yapısı nedeniyle oldukça yüksektir. Cürufların soğutulma şekilleri sahip oldukları özellikleri değıstirmektedir. Havada yavaş soğuyanlar kristal bir yapıya sahip olurlarken hızlı soğuyanlar ise akışkanlığındaki ani azalmanın kristalleşme engellemesiyle camı yapı şeklindedir. Yavaş soğuyan cüruflar yüksek mekanik özellik göstermesi nedeniyle genellikle agrega olarak kullanılır. Hızlı soğuyan cüruflar ise bir miktar hidrolik özelliğe sahip olup genellikle çimento ve beton üretiminde tercih edilirler [3]. Buna göre denemede kullanılan cüruf örneklerinin gözenekli ve boşluklu bir yapıda olması bu bilgilerle uyumludur.

3.2. Cüruf Örneklerinin Yüzey Karakterizasyonu (Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu) Analizi Sonuçları:

Gözenekli materyallerin yüzey alan ve gözenek boyutu dağılımı gibi özellikleri sorpsiyon proseslerinde önemlidir. Yüzey alan, sorpsiyon proseslerinde reaktif bölgedir ve kapasite ile doğrudan ilişkidir. Benzer şekilde sorpsiyon kinetikleri adsorbatın partikül içine difüzyonu ile doğrudan ilişkili olduğundan gözeneklerin şekli ve ölçüsü prosesin performansını belirler. Bu nedenle cüruf örneklerinde N_2 adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen adsorpsiyon izotermi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Cüruf örnekleri için N_2 adsorpsiyon izotermi.

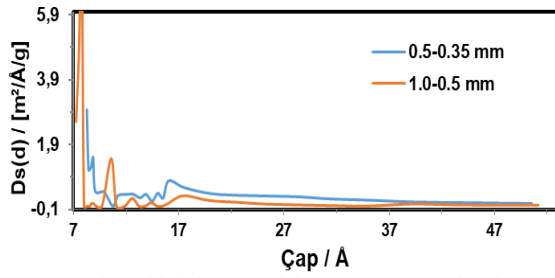
İzotermiğin şekli cüruf örneklerinin gözenekli yapıda olduğunu göstermektedir. N_2 adsorpsiyon çalışmalarından elde edilen izoterm verileri kullanılarak Brunauer-Emmet-Teller (BET) metoduna göre hesaplanmış spesifik yüzey alanları (S_{BET}) ile Yoğunluk Fonksiyon Teorisi (DFT) metoduna göre hesaplanmış toplam gözenek hacmi (V_{toplaml}), mikrogözenek hacmi (V_{mikro}) ve ortalama gözenek çapı değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cüruf örneklerinin yüzey özellikleri.

Örnek	S_{BET} (m^2/g)	V_{toplaml} (cm^3/g)	V_{mikro} (cm^3/g)	Ortalama Gözenek Çapı (Å)
1-0,5 mm	7,76	0,011	0,0028	6,55
0,5-0,3 mm	9,55	0,532	0,0029	7,72

Buna göre 0,5-0,3 mm cüruf örneğinin toplam yüzey alanının (S_{BET}) 1-0,5 mm örneği ile kıyaslandığında daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek V_{toplaml}

ve Ortalama Gözenek Çapı değerleriyle ilişkilidir. Cüruf örneklerine ait gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrisi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Cüruf örneklerinin gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri.

Gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri incelendiğinde, her iki örneğin de toplam yüzey alanının büyük bir çoğunluğunun gözenek boyutu 8-25 Å aralığında olduğu görülmektedir. Bu da cüruf örneklerinin üzerine adsorplanacak olan moleküllerin boyutunun bu aralıkta olması gerektiği anlamına gelmektedir. Aksi takdirde moleküller gözeneklerden içeri giremez ve adsorpsiyon kapasitesi düşer. Yapay sulak alan sisteminde fosfor giderimine ortam malzemesinin etkisi incelendiği bir çalışmada [15] yüksek fırın cürufu, toprak, perlit, çakıl ve kum kullanılmıştır. Dane çapı büyükten küçüğe doğru çakıl, cüruf, perlit, toprak ve kum şeklinde tespit edilmiştir. Çalışmada malzemelerin 21 °C ve 4 °C'de yaz ve kış şartlarında adsorpsiyon denge zamanı, Jar-Test düzeneğinde gerçekleştirilen deneylerle tespit edilmiş ve 21°C ve 4 °C'de, 12 mg/l toplam fosfor (TP) konsantrasyonu için Freundlich, Langmuir ve BET izotermine uygunluğu araştırılmıştır. Buna göre tüm malzemelerin Langmuir izotermine uygun adsorpsiyon davranışı gösterdiği saptanmış ve fosforun tutulması açısından en iyi malzemelerin sırasıyla cüruf, çakıl, toprak ve kum olarak bulunmuştur. Yüzey Karakterizasyonu Analizi sonuçları bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyumludur.

3.3. Cüruf Örneklerinin Ağır Metal Analizleri Sonuçları:

Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni ve Fe'dir [3]. Bu nedenle cüruf örneklerinde ve bunların iki yıkama yapılmış sularında bu ağır metallerin bakılarak ağır metallerin suya geçme durumları incelenmiştir. Cüruf örneklerinin kendisinde ve yıkama sularındaki ağır metal sonuçları Tablo 2'de verilmiş olup sonuçların istatistiksel hesaplamaları Kruskal-Wallis Testi ile yapılmıştır. Buna göre; cüruf örneklerinde Ni, Cr ve Fe miktarları çok yüksek çıkmıştır. Fakat yıkama sularındaki miktar cürufa oranla oldukça az bulunmuştur. İstatistiksel hesaplamalarda da cürufun kendisinde fazla olduğu ve yıkama sularında az olduğu görülmüştür. İstatistik çalışmaya göre cürufun kendisi ile yıkama suları arasında Cr, Ni ve Fe miktarları arasında anlamlı bir bağlantı bulunmamaktadır. Cüruf örneklerinde Fe içeriği fazla bulunmaktadır [15]. Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni, Si ve Fe olup [3] bu çalışmada kullanılan cüruf örneklerinde

bulunan yüksek orandaki Cr, Ni, ve Fe ile uyumludur. Cüruf doğal koşullarda suda çözünmediği böylelikle cürufun İskenderun Körfezi için bir ağır metal kirliliği oluşturmadığı bilinmektedir [13]. Ayrıca cüruf çimento ile karıştırıldığında Cr gibi ağır metalleri bünyesinde tutmakta ve yeraltı sularına bırakmamaktadır [6]. Denemede kullanılan cüruf örneklerindeki ağır metallerin suya geçme oranları bu bilgilerle uyumlu bir şekilde oldukça düşük seviyede kalmıştır.

Tablo 2. Cüruf örneklerinin kendisinde ve yıkama sularındaki ağır metal sonuçları.

Örnek	Materyal	Ni (ppb)	Cr (ppb)	Fe (ppb)
1.1	1-0,5 mm cüruf	2278,53	766132,46	27357,56
1.2	1-0,5 mm cüruf	2855,38	704803,43	45209,99
2.1	0,5-0,3 mm cüruf	2807,55	777018,15	44314,34
2.2	0,5-0,3 mm cüruf	2938,06	781124,24	39536,31
3.1	1-0,5 mm cüruf 1. yıkama	5,08	218,36	122,91
3.2	1-0,5 mm cüruf 1. yıkama	5,41	133,96	121,44
4.1	0,5-0,3 mm cüruf 1. yıkama	5,43	129,59	77,81
4.2	0,5-0,3 mm cüruf 1. yıkama	5,66	136,57	68,05
5.1	1-0,5 mm cüruf 2. yıkama	2,9	49,96	77,29
5.2	1-0,5 mm cüruf 2. yıkama	3,27	58,69	75,26
6.1	0,5-0,3 mm cüruf 2. yıkama	3,43	35,52	66,29
6.2	0,5-0,3 mm cüruf 2. yıkama	3,77	33,11	64,01

3.4. Cüruf Örneklerinin pH Ölçümleri Sonuçları:

1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin pH ölçümleri Tablo 3'da verilmiştir.

Tablo 3. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin pH ölçüm sonuçları.

Cüruf	1. Yıkama pH	2. Yıkama pH
1-0,5 mm	10,82	11,31
0,5-0,3 mm	10,71	11,33

Cürufla fosfat giderimi için yapılan bir çalışmada cürufun yüksek miktarda kalsiyum içeriği (%33,53) ve bulunduğu sulu ortamın pH'nın $7,78 \pm 0,37$ (alkali) olduğu bulunmuştur [15]. Cürufun 1. Yıkama ve 2. Yıkama sularında bulunan yüksek pH değerleri (Tablo 3) bu bilgilerle uyumludur.

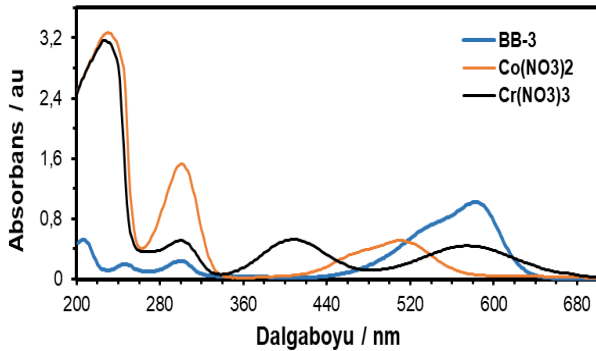
3.5. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm Cüruf Örneklerinin Adsorpsiyon Denemeleri İçin Spektrofotometre Okuması Sonuçları:

UV spektrofotometresiyle bir maddenin konsantrasyonunun belirlenmesi önce bu maddenin molar absorptivitesinin (ϵ) belirlenmesiyle mümkündür. ϵ 'nin belirlenmesi için önce uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda bir seri standart adsorbat çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorpsiyon seçilen dalga boyunda ölçülmüştür. Daha sonra aşağıdaki eşitlikte ifade edilen Lambert-Beer yasasından yararlanılarak absorpsiyon karşı konsantrasyon grafiği çizilmiş ve bu grafiğin eğiminden her bir adsorbat için molar absorptivite elde edilmiştir: $A = \epsilon \cdot l \cdot c$. buradaki

A, absorbans; ϵ , molar absorptivite ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$); l, çözeltilerin konduğu hücrenin kalınlığı (cm) ve c, konsantrasyon ($mol \cdot L^{-1}$)'dur.

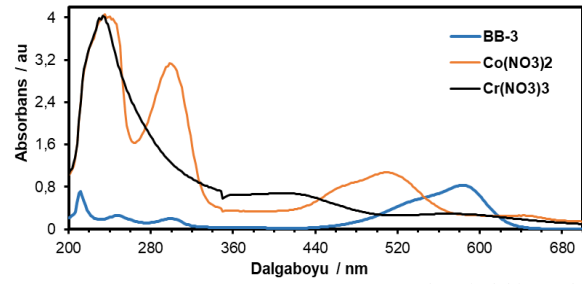
Model kirleticilerin ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için izoterm verileri kesikli (batch) analiz yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Farklı ağırlıkta tartılmış olan cüruf örnekleri 25 °C'de sabit derişim ve hacme sahip kirletici çözeltilerinin içerisinde bırakılmış, 150 rpm de sabit karıştırılmayla 48 saat süresince dengeye gelmesi beklenmiştir. Dengeye geldiğinden emin olmak için 48 saat beklenmiştir. Kirleticilerin denge konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Ferrokrom cürufunun birim ağırlığı üzerine adsorplanan kirletici miktarı $q_e = V(c_o - c_e)/m$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada V çözeltili hacmi (L), c_o başlangıç, c_e denge konsantrasyonu ($mol \cdot L^{-1}$), m karbon kumaşının ağırlığı (g) ve q_e ($mol \cdot g^{-1}$) ACC'nin 1 gramına adsorplanan organik bileşik miktarıdır.

Molar absorptivitenin (ϵ) belirlenmesi için önce uzaklaştırılması düşünülen kirletici moleküllerin belirli konsantrasyonlarındaki çözeltileri için 200-800 nm aralığında spektrumları alınmış ve konsantrasyon ölçümleri için uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çalışılan kirleticilerin pH 5,5 değerindeki belirli derişimli çözeltileri için alınmış spektrumlar Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 5,5 değerindeki çözeltileri için elde edilmiş UV-Visible spektrumları.

Diğer taraftan ferrokrom cürufu için yapılan analiz sonuçlarına göre, içeriğinde bol miktarda toprak alkali ve geçiş metallerinin oksitlerinin varlığı bildirilmiştir. Bu oksitler sulu çözeltilerde OH^- iyonu oluşturarak ortamın bazik olmasına sonuç olarak da çözeltilerin pH değerinin yükselmesine neden olurlar. pH değişimi, moleküllerin spektroskopik özelliklerini değiştirerek spektrofotometrik derişim ölçüm sonuçlarını etkilemektedir [17]. Buna göre, 50 g cüruf örneği bir erlene konularak pH metre ile pH değeri 5,5 olarak ölçülmüştür. Ardından, 48 saat boyunca 25 °C'de çalkalamalı su banyosunda çalkalanmış ve pH değerinin öngörüldüğü gibi 10,8'e yükseldiği gözlemlenmiştir. Doğru spektrofotometrik derişim ölçümü için BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 10,8 değerindeki çözeltileri hazırlanmış Şekil 5'de verilen spektrumları elde edilmiştir.

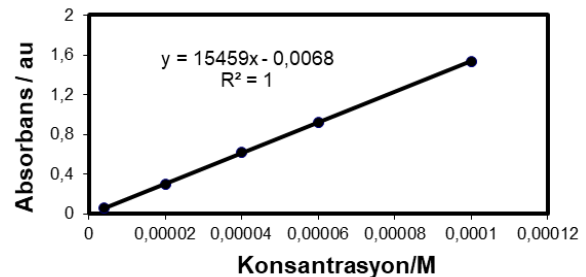


Şekil 5. BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 5,5 değerindeki çözeltileri için elde edilmiş UV-Visible spektrumları.

Çözeltilerin pH değerinin 5,5'ten 10,8'e yükselmesi ile yaklaşık 360 nm'nin altındaki piklerde önemli değişimler gözlenmesine karşın 360 nm'nin üzerindeki bölgede her üç molekül için de derişim ölçümlerine izin verebilecek kararlı piklerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre pH 10,8 değerinde spektrofotometrik derişim ölçümünde BB-3 için 250 nm, $Co(NO_3)_2$ için 512 nm ve $Cr(NO_3)_3$ için 411 nm seçilmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda bir seri standart kirletici molekül çözeltileri hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbansı seçilen dalga boyunda ölçülmüştür. Daha sonra aşağıdaki eşitlikte ifade edilen Lambert-Beer yasasından yararlanılarak absorbansa karşı konsantrasyon grafiği çizilmiş ve bu grafiğin eğiminden her bir adsorbat için molar absorptivite elde edilmiştir: $A = \epsilon \cdot l \cdot c$. Formülde A, absorbans; ϵ , molar absorptivite ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$); l, çözeltilerin konduğu hücrenin kalınlığı (cm) ve c, konsantrasyon ($mol \cdot L^{-1}$)'dur. Tipik olarak BB-3'ün molar absorptivitesinin belirlenmesi için çözücü olarak su kullanılarak farklı derişimlerde standart çözeltiler hazırlanmış ve pH değeri 10,8'e ayarlanarak BB-3 için maksimum absorpsiyonun olduğu 250 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüş ve değerler de Tablo 4'de verilmiştir. Bu verilerin kullanılmasıyla çizilen absorbansa karşı konsantrasyon grafiği Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 4. BB-3'ün pH 10,8'de molar absorptivitesinin belirlenmesi için hazırlanan çözeltili konsantrasyonları ve 250 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değerleri.

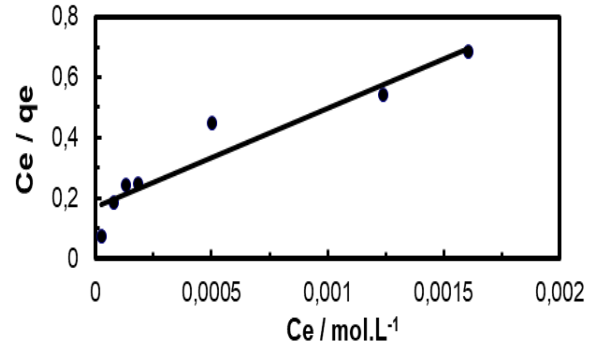
$M_{BB-3} / (mol \cdot L^{-1})$	Absorbans ₂₅₀
0,000004	0,0534
0,00002	0,2997
0,00004	0,6154
0,00006	0,9242
0,0001	1,5361



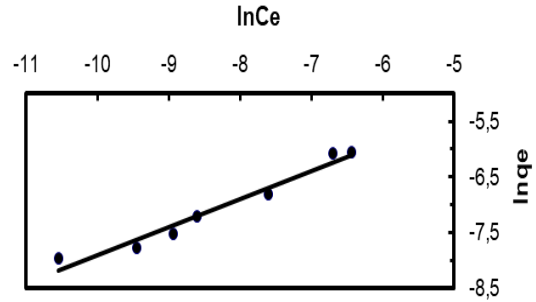
Şekil 5. Suda BB-3'ün kalibrasyonu için 250 nm dalga boyunda ölçülmüş absorbans değerlerine karşı konsantrasyon grafiği.

Absorbansa karşı konsantrasyon verileri lineer regresyon analiziyle Lambert-Beer yasasına göre işlenmiş ve BB-3 için elde edilen doğru denkleminden pH 10,8'deki molar absorptivitesi $15459 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ ve regresyon katsayısı 1,0 olarak bulunmuştur. Benzer işlemler pH 10,8'de çalışılan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ve $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ için tekrarlanmıştır. $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ için molar absorptivite $18,98 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ ve regresyon katsayısı 0,9966, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ için molar absorptivitesi 4,99 $\text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ ve regresyon katsayısı 0,9998 olarak bulunmuştur. Bu değerler izoterm verilerinin elde edilmesi sırasında her bir molekül için ilgili dalga boyunda ölçülen absorbansların, derişim değerlerine dönüştürülmesi için kullanılacaktır.

Adsorpsiyon izotermi kirleticilerin adsorpsiyon mekanizmasının anlaşılması ve pratikte proses dizaynı için önemli olan denge adsorpsiyon kapasite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla türetilmiştir. Model kirleticilerin ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için izoterm verileri kesikli (batch) analiz yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Farklı ağırlıkta tartılmış olan cürufur 25 °C'de sabit derişim ve hacme sahip bileşik çözeltilerinin içerisine bırakılmış, 150 rpm de sabit karıştırılmayla 48 saat süresince dengeye gelmesi beklenmiştir. Dengeye geldiğinden emin olmak için 48 saat beklenmiştir. Organik bileşiklerin denge konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Cüruf birim ağırlığı üzerine adsorplanan kirleticinin miktarı $q_e = V(c_o - c_e)/m$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada V çözeltilerin hacmi (L), c_o başlangıç, c_e denge konsantrasyonu (mol.L^{-1}), m cüruf ağırlığı (g) ve q_e (mol.g^{-1}) cürufun 1 gramına adsorplanan kirleticinin miktarıdır. Model kirleticilerin adsorpsiyon izoterm verileri iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan Langmuir ve Freundlich modellerine uygulanmıştır. Langmuir izoterm modeli adsorbat ile yüzey arasında yüksek enerjili etkileşimlerin olmadığı ve adsorbat molekülleri tarafından yüzeyin tekli tabaka halinde kaplanarak doyurulduğu varsayımlarına dayandırılmıştır. Langmuir izoterm eşitliğinin doğrusal formu aşağıdaki gibi yazılabilir; $c_e/q_e = 1/(b.q_m) + c_e/q_m$ burada q_m (mol.g^{-1}), cüruf yüzeyinin tek tabakalı olarak tamamen kaplanması için gerekli maksimum adsorbat miktarı, b ise adsorpsiyon ısısına bağlı sabittir. c_e/q_e değerlerine karşı c_e grafiği verilerinin doğrusal regresyon analiziyle q_m ve b sabitleri eğim ve kayımdan hesaplanabilir. Diğer taraftan Freundlich izoterm modeli, yüzeyin heterojen yapısını ve çoklu tabaka halinde kaplanmayı hesaba katmaktadır. Freundlich modelinin doğrusal formu $\ln q_e = \ln K_F + 1/n \ln c_e$ gibidir; burada K_F ($\text{mol}^{1-(1/n)}.\text{L}^{1/n}.\text{g}^{-1}$) cürufun adsorpsiyon kapasitesiyle ilgili sabit, $1/n$ ise yüzey heterojenliğine bağlı birimsiz bir sabittir. $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln c_e$ grafiği verilerinin doğrusal regresyon analizi ile eğimden $1/n$, kayımdan da K_F belirlenebilir. 25 °C'de deneysel izoterm verileri Langmuir modeli için c_e/q_e 'ye karşı c_e grafiği, Freundlich modeli için $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln c_e$ grafiği çizilerek lineer regresyon analiziyle işlenmiştir. Örnek olarak $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 'ün 0,315-0,500 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen c_e/q_e 'ye karşı c_e grafiği Şekil 6'da, $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln c_e$ grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.

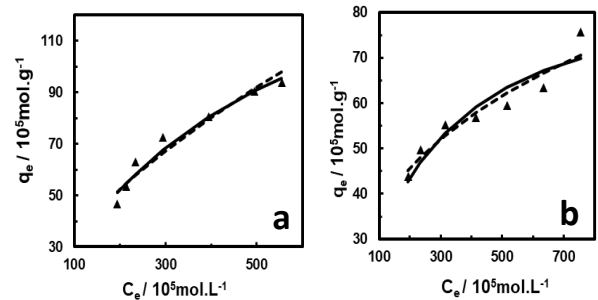


Şekil 6. $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 'ün 0,5-0,3 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen c_e/q_e 'ye karşı c_e grafiği.

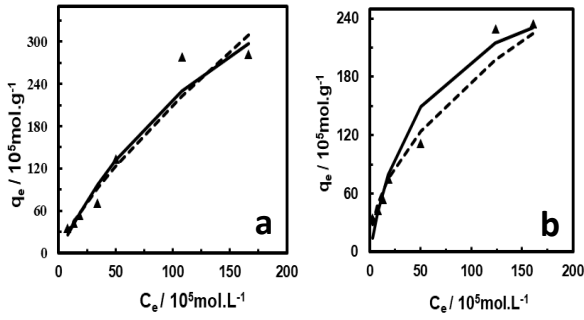


Şekil 7. $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ 'ün 0,5-0,3 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen $\ln q_e$ 'ye karşı $\ln c_e$ grafiği.

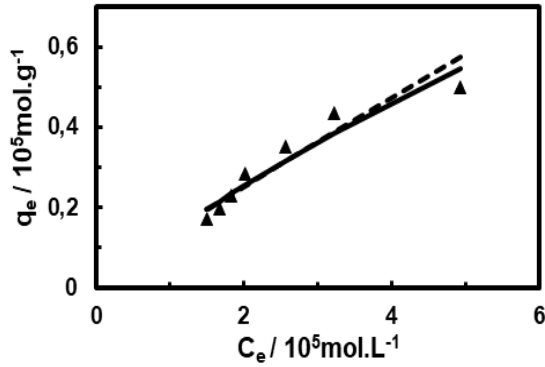
Model kirleticilerin cüruf üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinin Eşitlik ($c_e/q_e = 1/(b.q_m) + c_e/q_m$) ve Eşitlik ($\ln q_e = \ln K_F + 1/n \ln c_e$)'a göre doğrusal regresyon analizi ile elde edilen parametreler Tablo 5 ve 6'da ve bu parametreler kullanılarak hesaplanmış Langmuir ve Freundlich izotermi de Şekil 8, 9 ve 10'da verilmiştir. Buna göre organik (kristal viole, bazik mavi 3, BB-3) ve inorganik ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ ve $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$) model kirleticiler için verilen izoterm görünümler olarak giles ve gurubunun sıvı faz adsorpsiyonu için yaptığı sınıflandırmadaki L-tipi izoterm benzerdir. Buna göre kirleticiler ile çözücü (su) arasında, yüzeydeki bölgelere tutunmak için güçlü bir yarış yoktur.



Şekil 8. $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 'ün sudaki çözeltilerinden a) 1-0,5 mm boyutundaki b) 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- -) izotermi.



Şekil 9. Cr(NO₃)₃'ün sudaki çözeltilerinden a) 1-0,5 mm boyutundaki b) 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- -) izotermi.



Şekil 10. BB-3'ün sudaki çözeltilerinden a) 1-0,5 mm boyutundaki b) 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- -) izotermi.

Tablo 5. Model kirleticilerin sudaki çözeltilerinden 25 °C'de 1-0,5 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinden hesaplanan Langmuir ve Freundlich parametreleri.

Langmuir				Freundlich		
Molekül	$q_m / \text{mol.g}^{-1}$	$b / \text{L.mol}^{-1}$	r	$K_F / \text{mol}^{-1} / (\text{L}^{1/n} \cdot \text{g}^{-1})$	$1/n$	r
BB-3	$2,58 \times 10^{-5}$	5450	0,2335	$5,19 \times 10^{-2}$	0,92	0,9235
Cr(NO ₃) ₃	$6,51 \times 10^{-3}$	513	0,6105	$43,1 \times 10^{-2}$	0,77	0,9638
Co(NO ₃) ₂	$1,79 \times 10^{-3}$	206	0,9208	$2,37 \times 10^{-2}$	0,61	0,9354

Tablo 6. Model kirleticilerin sudaki çözeltilerinden 25 °C'de 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinden hesaplanan Langmuir ve Freundlich parametreleri.

Langmuir				Freundlich		
Molekül	$q_m / \text{mol.g}^{-1}$	$b / \text{L.mol}^{-1}$	r	$K_F / \text{mol}^{-1} / (\text{L}^{1/n} \cdot \text{g}^{-1})$	$1/n$	r
BB-3	-	-	-	-	-	-
Cr(NO ₃) ₃	$3,06 \times 10^{-3}$	1910	0,9051	$50,7 \times 10^{-2}$	0,51	0,9625
Co(NO ₃) ₂	$0,91 \times 10^{-3}$	465	0,9561	$0,35 \times 10^{-2}$	0,33	0,9257

Tablo 5 ve 6'daki Langmuir ve Freundlich modellerinin deneysel verilere uyumunu gösteren regresyon katsayılarına (r) bakıldığında, deneysel verilerin BB-3, Cr³⁺ ve Co²⁺'nin sudaki çözeltilerinden adsorpsiyonunun Freundlich modeliyle daha uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre, cüruf örneklerinin yüzeyinde bu maddeleri adsorplayan bölgelerin dağılımı heterojendir ve BB-3, Cr³⁺ ve Co²⁺ ile cüruf yüzeyi arasındaki adsorpsiyon prosesi zayıf fiziksel etkileşimler (London kuvvetleri, dipol-dipol vs) yoluyla değil, çok daha kuvvetli olan kimyasal bağ (Kovalent veya iyonik) oluşumu yoluyla gerçekleşmektedir [17, 18 ve 19].

4. SONUÇ

Sonuç olarak, cüruf ile yapılan bazı absorplanma denemelerinde, cürufun azot gideriminde etkili olmadığı, sulak alanlarda fosfor gideriminde etkili olabileceği [15 ve 16] belirtilmiştir. Bunlara ilave olarak elde edilen verilere göre cürufun adsorp özelliği ile organik (BB3) ve inorganik (Cr³⁺ ve Co²⁺) boyaları sulu ortamdan uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Antalya'da yılda yaklaşık 35.000 bin ton ferrokrom (FeCr) cürufu ve 10.000 ton silikoferrokrom (SiFeCr) cürufu çıkmaktadır. Bu cürufaların tamamının açık alanlarında depolandığı düşünüldüğünde hem çevresel kirlilik ve görüntü kirliliği oluşturan bu malzemenin değerlendirilmesinin önemi bir kat daha ortaya çıkmıştır [3]. Böylelikle cürufun adsorp özelliğini kullanarak hem organik (BB3) ve inorganik (Cr³⁺ ve Co²⁺) boya moleküllerinin doğaya zarar vermesi engellenecek ve hem de işe yaramaz olarak ayrılan cüruf artıkları değerlendirilerek boyaların çevreye olan zararları ortadan kaldırılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Bilge N, Gürkan E. Kimya Sözlüğü, Çağlayan Basımevi.758 syf, 1975
- [2] Gürkan E, Çoruh S. Tekstil Atıksularının Arıtılmasında Atık Döküm Kumlarının Kullanımı, Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi, (ISSN: 2147-0626) 2012; 1(4), 531-544.

- [3] Yılmaz A, Süttaş İ. Ferrokrom Cürufunun Yol Temel Malzemesi Olarak Kullanımı. İMO Teknik Dergisi, 2008; 4455-4470, Yazı 294.
- [4] Yılmaz A. Antalya Ferrokrom İşletmesinin Elektrik-Ark Fırını Cürufularının ve Baca Tozu Atıklarının Asfalt Betonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 2002.
- [5] Yıldırım M M, Varol A. Metalurjik Katı Artıklardan Yararlanabilme Olanakları, Metalürji Dergisi, 1987; Sayı 49, 12-15.
- [6] Yılmaz A. Yol Üstyapısında Kullanılan Cüruf Atıklarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017; 8(2): 123-134.
- [7] Yazıcıoğlu S, Arıcı E, Gönen T. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Betondaki Karbonatlaşmaya Etkisi, 5. Ulusal Beton Kongresi Betonun Dayanıklılığı (Durabilite), İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 2003.
- [8] Yazıcıoğlu S, Gönen T, Çobanoğlu Ö C. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Betonun Basınç Dayanımı ve Çarpma Enerjisi Üzerine Etkisi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2005; (4), 681-685.
- [9] Vapur H, Top S, Teymen A, Türkmenoğlu M. Elazığ Ferrokrom Tesisi Cürufularının Agrega Özelliklerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2013; 28(1), ss.77-88.
- [10] Ekinci C E, Erşimşek M. Enjeksiyon Yöntemiyle Üretilen Granüle Yapılı Ferrokrom Cürufu Katkılı Betonların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, ISSN:1306-3111 e-Journal of New World Sciences Academy, 2006; 1(3) Article No: A0007.
- [11] Can Ö. Ferrokrom Cürufunun Kerpicing Mühendislik Özelliklerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi 2008; Cilt 7, Sayı:2.
- [12] Bayer Z, Atay B, Ay N, Çakı M. Ferrokrom Uçucu Külünün Duvar Karosu Sırındaki Renk Etkileri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2009; Özel Sayı, 89-94.
- [13] Sarıhan E, Aşar D, Göksu M Z L, Polat S, Çevik C, Çevik F, Özütok M, Fındık Ö, Dural M, Piner M P, Keskinan O. İskenderun Demir Çelik Fabrikasından Çıkan Cürufun Yapısı, Çözünürlüğü ve Denizel Ortama Olası Etkileri, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 2006; Cilt 23, Ek (1/1): 127-134 Su Ür. Tem. Bil./Hydrobiology.
- [14] Ataman N. Endüstriyel Atıkların Yüzey Hazırlama İşlemlerinde Aşındırıcı Olarak Kullanılması, Mehmet Kemal Dedeman Araştırma ve Geliştirme Proje Yarışması, Madencilik Sektörü İkincilik Ödülü. 2006.
- [15] Dağlı S, Akça L. Yapay Sulak Alan Sisteminde Fosfor Giderimine Ortam Malzemesinin Etkisi, İTÜ Dergisi/e mühendislik2007; Cilt:17, Sayı:1, 51-59.
- [16] Korkusuz E A, Beklioğlu M, Demirer G N. ODTÜ'deki Düşey Akışlı Yüzey altı Pilot-Ölçekli Ekilmiş Sulak alanların Fosfor Arıtım Kapasitesi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara 2003.
- [17] Bayram E. Atık Sularda Bulunabilen Bazı Organik Bileşiklerin Aktif Karbon Kumaş Elektrotu Kullanarak Sulu Çözeltilerden Elektrosorpsiyon Yolu İle Uzaklaştırılmasının İncelenmesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2011.
- [18] Bayram E, Ayrancı E. Electrochemically Enhanced Removal of Polycyclic Aromatic Basic Dyes From Dilute Aqueous Solutions by Activated Carbon Cloth Electrodes, Environmental Science and Technology, 2010; 44: 6331-6336.
- [19] Bayram E, Ayrancı E. Investigation of Changes in Properties of Activated Carbon Cloth upon Polarization and Electrosorption of Basic Blue-7. Carbon, 2010; 48: 1718-1730.



Field-Dependent Charge Collection Model for Thin Film Organic Photovoltaics

Hasan KURT^{1*}

¹ İstanbul Medipol University, School of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, Turkey
 Hasan Kurt ORCID No: 0000-0002-1677-644X

*Corresponding author: hasankurt@medipol.edu.tr

(Alınış: 06.05.2020, Kabul: 15.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Charge collection,
 Organic Photovoltaics,
 Charge carrier

Abstract: In this study, a unified charge collection model is developed using an optical cavity dependent charge carrier generation and non-uniform built-in electric field distribution within a bulk heterojunction photovoltaic device. The charge collection model relies on the experimental inputs related to the charge carrier dynamics such as mobilities of charge carriers, recombination lifetime, and junction width of charge carrier species. Optical cavity modes and field strength were calculated using the experimental variable angle ellipsometry analysis of individual components of the devices. In order to evaluate the model, ambient processed PCDTBT:PC₇₁BM based conventional and inverted derive architectures were utilized to underline the effect of unintentional doping and distinct optical cavity modes. The simulated external quantum efficiency and short-circuit current density profiles from the model were compared to the experimental results with differing active layers thicknesses and device architectures. The proposed charge collection model presented a high degree of correlation with the experimental results and underlined its validity for further application on other types of organic photovoltaic devices.

135

İnce Film Organik Fotovoltaikler İçin Alana Bağlı Yük Toplama Modeli

Anahtar Kelimeler

Yük toplama,
 Organik fotovoltaik,
 Yük Taşıyıcı

Öz: Bu çalışmada, bir bulk heteroeklem fotovoltaik cihaz içinde optik kaviteye bağlı yük taşıyıcı üretimini ve homojen olmayan elektrik alan dağılımını gözönünde bulunduran birleştirilmiş yük toplama modeli geliştirilmiştir. Yük toplama modeli; yük taşıyıcıların mobiliteleri, rekombinasyon ömrü ve yük taşıyıcı türlerin bağlantı genişliği gibi yük taşıyıcı dinamiği ile ilgili deneysel girdilere dayanmaktadır. Optik kavite modları ve alan şiddeti, cihazların ayrı ayrı bileşenlerinin deneysel olarak değişken açılı elipsometri analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Modeli değerlendirmek için, istenmeyen katkılama ve farklı optik kavite modlarının etkisinin altını çizmek için hava ortamında üretilmiş PCDTBT: PC₇₁BM tabanlı geleneksel ve ters organik fotovoltaik mimariler karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Modelden simüle edilen harici kuantum verimliliği ve kısa devre akım yoğunluğu profilleri, farklı aktif katman kalınlıkları ve cihaz mimarileri ile yapılan deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Önerilen yük toplama modeli, deney sonuçları ile yüksek derecede örtüşme göstererek diğer organik fotovoltaik aygıtlarda da uygulaması için geçerliliğinin altını çizmiştir.

1. INTRODUCTION

Thin-film bulk heterojunction organic photovoltaics remains to be achieving a new set of record power conversion efficiency in the last 20 years reaching up from 2.5% to 18.2% [1,2]. Even though intrinsic disadvantages of organic photovoltaics such as structural/electronic disorder, low dielectric constant leading to diminished charge separation efficiency, and limited charge carrier mobility with respect to inorganic

counterparts, OPVs remain to be surviving in such a competitive scientific photovoltaics field of study.

Diminished charge collection efficiency directly lowers the fill factor and short circuit current density of an OPV. In theory, organic photovoltaic devices are considered to be doping-free and are p-i-n type, unlike their inorganic photovoltaics. Work function dependent selective interlayers drive the charge carriers to their respective electrodes [3]. However, recent impedance spectroscopy based studies underline unintentional doping leading to non-uniform electric field distribution

within the intrinsic bulk heterojunction layer [4–6]. In order to analyze this phenomenon, the parallel capacitor model is widely utilized to probe the non-uniform electric field distribution due to unintended doping-related space-charge densities and highly asymmetric charge carrier mobilities [7,8]. Even though these studies focus on the non-uniform electric field due to unintended doping and asymmetric charge carrier mobilities, overall charge generation profiles due to the optical cavity nature of these thin-film organic photovoltaics.

In this paper, we combined the optical cavity dependent local charge carrier generation and non-uniform electric field dependent charge carrier collection efficiency in a unified model. Air-processed PCDTBT:PC₇₁BM based organic photovoltaics were utilized as to stress better the effect of the highly asymmetric charge carrier mobilities and unintentional doping (mainly processing conditions related). Furthermore, conventional p-i-n and inverted n-i-p devices geometries were investigated to underline the differing optical cavity modes due to the difference in optical constants of the charge selective interlayers and top metal electrodes.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURES

All solvents and reagents were obtained from Ossila Ltd. and Sigma-Aldrich unless specified. All devices were fabricated in ambient cleanroom conditions. The conventional device structures were ITO/PEDOT:PSS/PCDTBT:PC₇₁BM(1:4)/LiF/Al, as described in the earlier work [9–11]. The inverted device structures were ITO/ZnO/PCDTBT:PC₇₁BM(1:4)/MoO₃/Ag. Patterned ITO substrates were diligently cleaned using Hellmanex, deionized water, acetone, methanol, and isopropanol in an ultrasonic bath for 15 min each. The substrates were dried under nitrogen stream and treated with UV-ozone for 30 min before use. A thin layer (ca. 30 nm) of PEDOT:PSS (Heraeus Clevios™ P VP AI 4083, filtered at 0.45 μm syringe filter) was spin-coated at 4000 rpm and baked at 150°C for 15 min. For inverted architecture, ZnO precursor solution was prepared using 1 g of zinc acetate dihydrate and 0.28 g monoethylamine in 10 ml of 2-methoxyethanol. The solution is hydrolyzed under temperature of 60°C for 12 hours exposed to air. A thin layer (ca. 30 nm) of ZnO was spin-coated at 3000 rpm and annealed at 200°C for 60 min. 20 mg · mL⁻¹ chlorobenzene solution of PCDTBT:PC₇₁BM is deposited on respective transport layers by spin coating at different rotation speeds and durations to obtain active layer thickness from 40 nm to 290 nm. For electrical back contact deposition, the substrates were placed into the shadow mask carrier to patterning the OPV active area (4.5 mm²) and placed into the thermal evaporator chamber and pumped down to a pressure of ca. 2 × 10⁻⁶ mbar. LiF/Al (2 nm/100 nm) and MoO₃/Ag (5 nm/100 nm) layers were thermally deposited onto the active layer of the substrates for conventional and inverted architecture respectively. After electrode deposition, the substrates were annealed at 80°C under vacuum. Finally, the devices were encapsulated with UV-curable epoxy. The short-circuit current density characteristics of encapsulated

photovoltaic devices were measured using a Keithley 2401 source meter under AM 1.5G solar irradiation at 100 mW/cm².

Impedance measurements were completed using Solartron 1260 Impedance/Gain-phase Analyzer at a fixed frequency of 10 kHz; AC perturbation of 10 mV and DC bias of 0.2 – 1.4 V. A halogen lamp were used to illuminate the devices. The lamp intensity is adjusted to coincide with the short circuit density of the devices under AM1.5G illumination.

Refractive index profiles of transparent conductor – ITO –, hole transporting layers – PEDOT:PSS and MoO₃ –, electron transporting layer – ZnO – and active layer – PCDTBT:PC₇₁BM (1:4) – were measured using a variable angle spectroscopic ellipsometer (J.A. Woollam Co. VASE) and plotted in Figure 4. The refractive index profiles of LiF and Al were retrieved from the works of Li et al. and Rakic et al. [12,13].

3. DEVICE SIMULATION

The capacitance of planar thin-film organic photovoltaic (C) can be directly approximated to a parallel plate capacitor

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{w} \quad (1)$$

where ϵ_0 is the permittivity of space, ϵ_r is the relative permittivity of the bulk heterojunction.

$$C^{-2}(V) = \frac{2}{q\epsilon_0\epsilon_r A^2 N_A} (V_{bi} - V) \quad (2)$$

where V_{bi} is the built-in (flat-band) potential of the bulk heterojunction, V is the applied voltage, q is the elementary charge, A is the cross-sectional area of the device and N_A is the doping concentration. V_{bi} can be extracted from x -axis intercept voltage of C^{-2} vs V plot. The slope of C^{-2} can be used to extract the unintended doping concentration as follows

$$\frac{dC^{-2}(V)}{dV} = \frac{-2}{q\epsilon_0\epsilon_r A^2 N_A} \quad (3)$$

Given that N_A and V_{bi} is extracted from the capacitance characteristics of planar organic photovoltaics, the depletion width of the charge carrier species can be calculated as the following equation

$$w = \sqrt{\frac{2\epsilon_0\epsilon_r (V_{bi} - V)}{qN_A}} \quad (4)$$

Since Mott-Schottky plot can only probe the higher mobility charge carriers, the depletion width for the lower mobility species - holes- is approximated as the half of the depletion width of the electrons ($w_e = 2 \times w_h$) as 80 nm and 40 nm, respectively.

In order to simulate the non-uniform electric field inside the bulk heterojunction, we used quadratic band bending approximation to extract the electric field for electrons (V_e),

$$V_e(x) = \frac{(x - w_e)^2}{w_e^2} (V_{bi} - V) \quad 0 < x < w_e \quad (5)$$

where x is the distance from the cathode of the organic photovoltaics. For the electric field for holes (V_h) was approximated as the following

$$V_h(x) = \frac{(x - (d - w_h))^2}{w_h^2} (V_{bi} - V) \quad w_h < x < d \quad (6)$$

where d is the thickness of the bulk heterojunction layer. The non-uniform electric field approximation is converted into non-uniform electric field distribution inside the BHJ layer using the first derivative of the V_e with respect to x . Position dependent electric field components ($E_{e,h}(x)$) are inserted into the position-dependent drift length equation for each charge carrier species as the following

$$L_{e,h}(x) = \mu_{e,h} \tau E_{e,h}(x) \quad (7)$$

where $\mu_{e,h}$ is the mobility of the respective charge carrier species and τ is the charge carrier lifetime – recombination lifetime. For this study, we neglected the position-dependent mobility as it is highly dependent on the nanoscale morphology of the bulk heterojunction and phase distribution of the donor and acceptor species. For electron mobility, μ_e is taken as $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. For hole mobility, μ_h is taken as $5.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Charge carrier lifetime (τ) is set to $2.0 \times 10^{-5} \text{ s}$. The position-dependent drift lengths later converted into position-dependent charge carrier collection efficiency – collection probability – for each charge carrier species as follows

$$\eta_{ecc}(x) = e^{-\frac{x}{L_e(x)}} \quad \eta_{hcc}(x) = e^{-\frac{d-x}{L_h(x)}} \quad (8)$$

The position-dependent charge collection efficiency for charge carrier species is calculated for a set of bulk heterojunction layer thicknesses from 40 nm to 290 nm as shown in Figure 1 and 2 for inverted and conventional device architectures.

For both device structures, s- and p-polarized plane waves were incident to the normal to the device layers from soda-lime glass substrate layer. Indium tin oxide layer was set to fixed to 100 nm thickness as the ITO coated glass substrate in OPV fabrication. PEDOT:PSS hole transport layer and ZnO electron transport layers were set to 30 nm in junction with fabrication procedures. Bulk heterojunction layer thickness of PCDTBT:PC₇₁BM (1:4) was varied between 40 nm and 290 nm to identify the thin-film cavity modes. Top electrodes layers were set to 2 nm thick LiF and subsequent 100 nm thick Al for conventional

architecture and 5 nm thick MoO₃ and subsequent 100 nm thick Ag in parallel with the fabrication parameters.

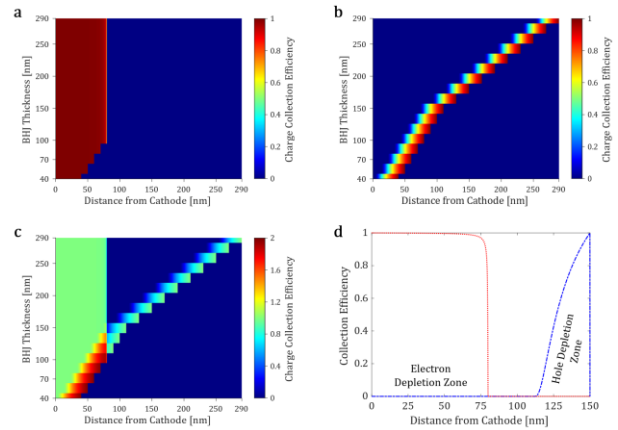


Figure 1. For the inverted architecture of PCDTBT:PC₇₁BM BHJ device, a) electron collection efficiency profile, b) hole collection efficiency profile, c) combined charge collection efficiency with respect to distance from the cathode and BHJ thickness, and d) charge collection efficiency profile for 150 nm thick inverted BHJ device architecture.

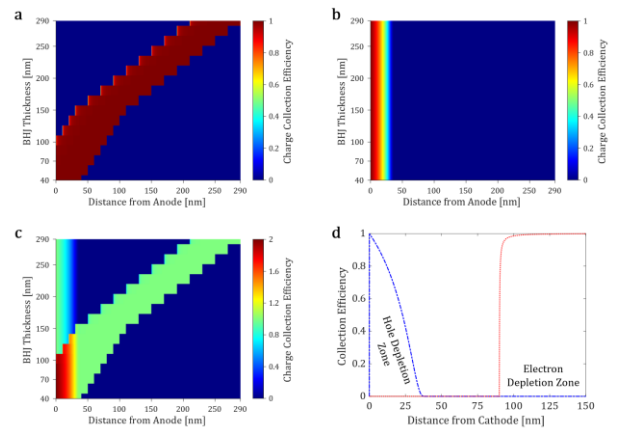


Figure 2. For the conventional architecture of PCDTBT:PC₇₁BM BHJ device, a) electron collection efficiency profile, b) hole collection efficiency profile, c) combined charge collection efficiency with respect to distance from the anode and BHJ thickness, and d) charge collection efficiency profile for 150 nm thick conventional BHJ device architecture.

Al	100 nm	Ag
LiF	2 nm / 5 nm	MoO ₃
PCDTBT:PC ₇₁ BM (1:4)	40-290 nm	PCDTBT:PC ₇₁ BM (1:4)
PEDOT:PSS	30 nm	ZnO
ITO	100 nm	ITO
Soda Lime Glass		Soda Lime Glass

Figure 3. The conventional and inverted device architectures are represented left and right respectively, which are used in device fabrication and optical device simulations.

Absorbed optical power per unit volume of the bulk heterojunction (P_{abs}) layer was calculated real part of the divergence of the Poynting vector (\mathbf{P}), which can be reduced to the following equation

$$P_{abs}(x, \lambda) = -\frac{1}{2} \Re\{\nabla \cdot \mathbf{P}(x, \lambda)\} \quad (9)$$

$$= -\frac{1}{2} \omega |\mathbf{E}(x, \lambda)|^2 \Im\{\epsilon_{bhj}(\lambda)\}$$

where \mathbf{E} is the electric field vector, ω is the wavelength of the incoming light and $\Im\{\epsilon_{bhj}(\lambda)\}$ is the imaginary part of the dielectric constant of the bulk heterojunction. Subsequently, P_{abs} can be converted into generation rate function $g(x, \lambda)$ and integrated into the position-dependent generation rate ($G(x)$) over all angular frequencies as shown below

$$g(x, \omega) = \frac{P_{abs}(x, \lambda)}{hc} \lambda \quad G(x) = \int g(x, \lambda) d\lambda \quad (10)$$

where hc/λ designates the energy of a photon with an angular frequency of λ .

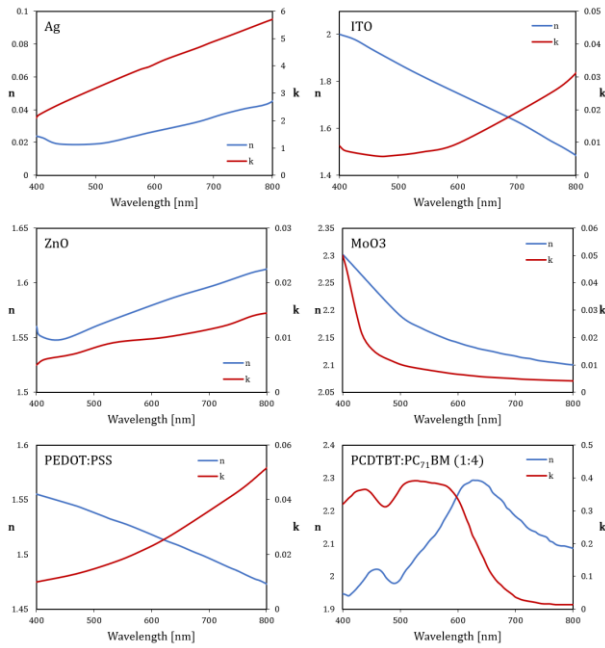


Figure 4. Refractive index profiles of transparent conductor – ITO –, hole transporting layers – PEDOT:PSS and MoO₃ –, electron transporting layer – ZnO – and active layer – PCDTBT:PC₇₁BM (1:4).

The external quantum efficiency of the simulated devices was calculated using the wavelength and position-dependent generation rate function and combined electron/hole charge carrier collection efficiency over the device thickness as shown below

$$EQE(\omega) = \int_0^d g(x, \lambda) \frac{\eta_{ecc}(x) + \eta_{hcc}(x)}{2} dx \quad (11)$$

For calculation, the short circuit current density (J_{sc}), multiplication of wavelength-dependent external quantum efficiency ($EQE(\lambda)$) and wavelength-dependent solar irradiation ($S(\lambda)$) was integrated over all wavelengths.

$$J_{sc} = \int \frac{q\lambda}{hc} EQE(\lambda) S(\lambda) d\lambda \quad (12)$$

4. RESULTS AND DISCUSSION

Due to the differing trends in refractive index profiles of ZnO and PEDOT:PSS transport layer pairs and of MoO₃/Ag and LiF/Al top electrode pairs in device architectures, the light intensity profile within the active layer differ significantly. As it has been shown in Figure 5, both device architectures support three different cavity modes in their BHJ. However, cavity modes do not merge into a combined mode in thicker conventional devices. In the conventional device, wavelength-dependent local generation rate, $g(x, \lambda)$, coalesces in the front of the device – ITO anode – around 350 nm, 430 nm, and 525 nm peak wavelengths. The predominantly cavity mode of 430 nm in devices with a thickness of 40-60 nm later abruptly diminishes and does not contribute to the generation rate in thicker devices. In contrast, cavity mode 1 and 2 of inverted device later merged into a supermode as the BHJ thickness increases while the 3rd cavity mode remains to be significantly strong around the band of 550-600 nm. Also, inverted devices can support the cavity modes close to both electrodes of the device resulting in a more uniform distribution of charge carriers within BHJ. Different cavity modes due to the top electrode where it is LiF (2 nm) / Al (100 nm) for conventional devices and MoO₃ (5 nm) / Ag (100 nm) for inverted devices. For the spectral region of interest (350-800 nm), Ag shows an average refractive index below 0.06. On the other hand, Al shows a refractive index starting from 0.3 at 350 nm, and exponentially increases to 2.37 at 800 nm. Fabry-Perot cavity modes shift to higher modes as the gap increases between reflectors.

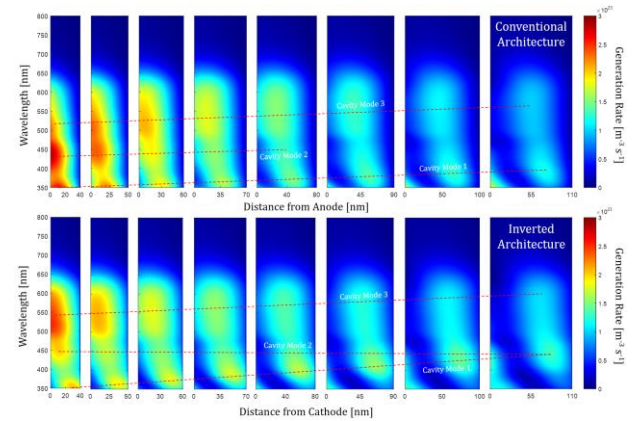


Figure 5. The simulated local generation rate, $g(x, \lambda)$, for conventional and inverted devices with a thickness of 40-110 nm over the wavelength range of 350-800 nm.

As can be seen from the simulated generation rate profile from AM1.5G solar spectrum in Figure 6, the total generation is reduced into two main cavity modes inside BHJ. The main generation cavity mode 1 in inverted architecture shows a closer profile to the top electrode than the conventional architecture. The simulated generation profiles are later converted into an external quantum efficiency profile over a range of BHJ thicknesses. Since external quantum efficiency is a strong function of charge collection efficiency, the

perfect collection case was plotted as $n_{cc}(x, \lambda) = 1$ in the upper column and the modeled collection case was plotted as $n_{cc}(x, \lambda)$ as depicted in Figure 1 and Figure 2. The modeled external quantum efficiency profile of conventional architecture showed a dominant peak in the wavelength range of 500 – 600 nm and the thickness range of 40 – 70 nm. On the other hand, two dominant peaks were observed in inverted architecture. The most dominant EQE peak was in the wavelength range of 500 – 575 nm and the thickness range of 40 – 70 nm. The secondary EQE peak emerged in the wavelength range of 375 – 425 nm and the thickness range of 60 – 80 nm.

The charge collection model was later compared with the experimental devices with both architectures in Figure 7 and Figure 8. The external quantum efficiency profiles of both simulated/ modeled and experimental conventional device architectures show high consistency in the wavelength range of 500 – 700 nm. However, the discrepancies in the wavelength range of 350 – 450 nm were evident in OPVs with 50 and 70 nm active layer thickness. The difference between modeled and simulated was believed to be emerged due to the non-uniformity of active layer thickness for thin devices. As the thin film uniformity plays a more predominant role in the optical properties of a thin film in thinner devices. In the inverted architecture, the charge collection model shows a better correlation with the experimental devices than conventional architecture. The discrepancies in near-UV and blue regions were exhibited less predominantly as the electron transport ZnO layer can accommodate a better surface roughness due to its moderately porous nature [14].

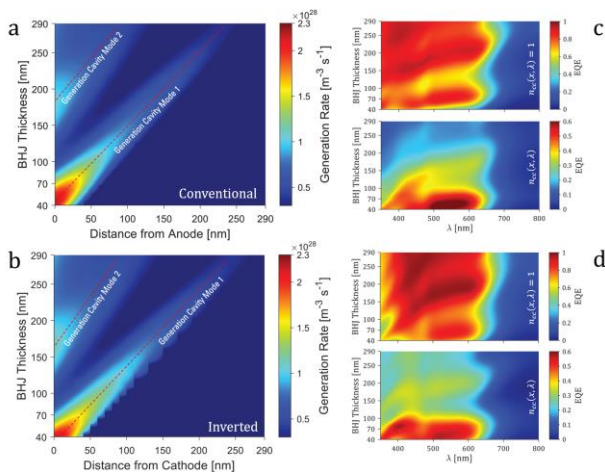


Figure 6. The simulated generation rate profile within the active layers of conventional (a) and inverted (b) device structures depending on the thickness of the PCDTBT:PC₇₁BM (1:4) bulk heterojunction under AM1.5G illumination. The simulated external quantum efficiency profiles of conventional (c) and inverted (d) PCDTBT:PC₇₁BM OPVs for perfect charge carrier collection ($n_{cc} = 1$) (upper) and modeled charge carrier collection ($n_{cc}(x, \lambda)$) which is a function of position within the active layer and wavelength of the incident illumination.

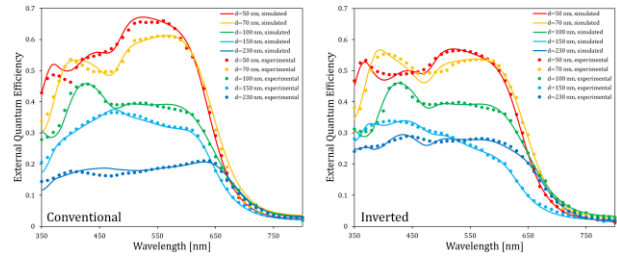


Figure 7. The comparison of external quantum efficiency profiles of modeled PCDTBT:PC₇₁BM OPVs (solid lines) and experimental devices (filled circles) over the wavelength range of 350 nm and 800 nm for conventional (left) and inverted (right) device architectures.

In line with the earlier remark, generation rate distributions of both devices coalesce on the bottom electrode (PEDOT:PSS for conventional, ZnO for inverted). As the collection efficiency of electrons in devices below the depletion width of 80 nm reaches unity, as shown in Figures 1 and 2. On the contrary, the collection efficiency of holes is comparatively more limited in range and drastically lower as the distance from the electrode increases. Since exciton generation rate peaks at the vicinity of the bottom electrodes, conventional devices architecture collect a higher number of hole charge carriers than the top electrode of the inverted device where the generation rate is considerably lower. In short, the collection efficiency of electrons does not show any difference between conventional and inverted device architecture in active layer thickness below 80 nm. The hole charge collection depends on the distance from the cathode and exhibits lower depletion (~40 nm), and conventional architecture shows a higher amount of exciton generation in the vicinity of the cathode. Thus, the difference in efficiency originates from the combination of the charge generation profile and hole charge collection efficiency.

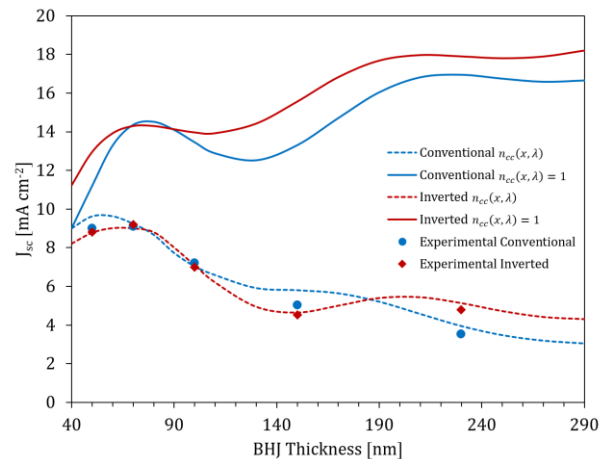


Figure 8. The comparison of short circuit current density (J_{sc}) of PCDTBT:PC₇₁BM OPV devices with perfect charge carrier collection (solid lines) and modeled charge carrier collection profile (dashed lines) for both device architectures. The experimental results for PCDTBT:PC₇₁BM OPVs with BHJ thickness of 50, 70, 100, 150, and 230 nm are overlaid as filled circles and diamonds.

Considering the higher external quantum efficiency profile of conventional architecture, one would expect a higher short circuit current density (J_{sc}) profile in experimental devices. However, conventional architecture only surpasses inverted counterpart only a

thickness of 50 and 150 nm as the charge collection model predicated. According to our model, optimal short circuit current density was expected to be around 55 – 60 nm thickness and 70 – 80 nm for conventional and inverted architectures, respectively. The suggested model also predicted J_{sc} successfully at 150 nm and 230 nm thick devices.

5. CONCLUSION

We proposed a simplified charge collection model for predicting the performance of bulk heterojunction photovoltaics, relying on the capacitance-voltage characteristics of the bulk heterojunction and optical cavity modes. The suggested model successfully predicted the performance and external quantum efficiency profiles of conventional and inverted PCDTBT:PC₇₁BM OPVs. The simplified model offers a robust prediction of photovoltaic performance at high accuracy since it relies on the initial experimental C-V results and refractive index profiles. The model can be also be further developed for other photovoltaic performance factors such as open-circuit voltage, fill factor, and J-V characteristics.

Acknowledgment

Financial support is acknowledged from the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for Project No. 217M456. The author is grateful to Sabancı University and Sabancı University Nanotechnology Research and Application Center (SUNUM) for access to cleanroom facilities.

REFERENCES

- [1] Brabec CJ, Sariciftci NS, Hummelen JC. Plastic Solar Cells. *Adv Funct Mater* 2001;11:15–26.
- [2] Liu Q, Jiang Y, Jin K, Qin J, Xu J, Li W, vd. 18% Efficiency organic solar cells. *Sci Bull* 2020;65:272–5.
- [3] Kurt H, Jia J, Shigesato Y, Ow-Yang CW. Tuning hole charge collection efficiency in polymer photovoltaics by optimizing the work function of indium tin oxide electrodes with solution-processed LiF nanoparticles. *J Mater Sci Mater Electron* 2015;26:9205–12.
- [4] Mingeback M, Deibel C, Dyakonov V. Built-in potential and validity of the Mott-Schottky analysis in organic bulk heterojunction solar cells. *Phys Rev B - Condens Matter Mater Phys* 2011;84:1–4.
- [5] Deledalle F, Kirchartz T, Vezie MS, Campoy-Quiles M, Shakya Tuladhar P, Nelson J, vd. Understanding the Effect of Unintentional Doping on Transport Optimization and Analysis in Efficient Organic Bulk-Heterojunction Solar Cells. *Phys Rev X* 2015;5:011032.
- [6] Nyman M, Dahlström S, Sandberg OJ, Österbacka R. Unintentional Bulk Doping of Polymer-Fullerene Blends from a Thin Interfacial Layer of MoO₃. *Adv Energy Mater* 2016;6:1600670.
- [7] Kirchartz T, Gong W, Hawks SA, Agostinelli T, MacKenzie RCI, Yang Y, vd. Sensitivity of the Mott-Schottky Analysis in Organic Solar Cells. *J Phys Chem C* 2012;116:7672–80.
- [8] Dibb GFA, Muth M-A, Kirchartz T, Engmann S, Hoppe H, Gobsch G, vd. Influence of doping on charge carrier collection in normal and inverted geometry polymer:fullerene solar cells. *Sci Rep* 2013;3:3335.
- [9] Khabbaz Abkenar S, Tufani A, Ince G, Kurt H, Turak A, Ow-Yang CW. Transfer Printing Gold Nanoparticle Arrays by Tuning the Surface Hydrophilicity of Thermo-Responsive Poly N-isopropylacrylamide (pNIPAAm). *Nanoscale* 2017.
- [10] Kurt H. Investigating the effects of nanostructured dielectric lithium fluoride and plasmonic gold interlayers in organic photovoltaics, including the use of in-situ impedance spectroscopy. Sabancı University, 2016.
- [11] Kurt H, Ow-Yang CW. Impedance spectroscopy analysis of the photophysical dynamics due to the nanostructuring of anode interlayers in organic photovoltaics. *Phys Status Solidi Appl Mater Sci* 2016.
- [12] Li HH. Refractive index of alkali halides and its wavelength and temperature derivatives. *J Phys Chem Ref Data* 1976;5:329.
- [13] Rakic AD, Djurišić AB, Elazar JM, Majewski ML. Optical Properties of Metallic Films for Vertical-Cavity Optoelectronic Devices. *Appl Opt* 1998;37:5271.
- [14] Kurt H, Alpaslan E, Yildiz B, Taralp A, Ow-Yang CW. Conformation-mediated Förster resonance energy transfer (FRET) in blue-emitting polyvinylpyrrolidone (PVP)-passivated zinc oxide (ZnO) nanoparticles. *J Colloid Interface Sci* 2017;488:348–55.



Physical characteristics of n-Si/GaN thin films: effect of different N rates

Asim MANTARCI^{1*}

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Varto Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Muş, Türkiye
 Asim MANTARCI ORCID No: 0000-0001-8369-3559

*Sorumlu yazar: a.mantarci@alparslan.edu.tr

(Alınış: 29.05.2020, Kabul: 13.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

RF sputter
 technique,
 GaN,
 N rate,
 III-nitrides

Abstract: The GaN thin film was fabricated on n-type Si by a Radio Frequency magnetron sputtering method with applied various nitrogen (N) rates. The XRD confirmed the produced film had in a polycrystalline structure (orientations (110) and (100)). It was seen that different N rates varied structural parameters of fabricated material. The optical analysis showed that various N rates changed thin film optical-band gap energy by reason of reduced N vacancy. The AFM pictures demonstrated almost homogeneous with periodic grain arrangements, Nano-structured surface of GaN thin film. From SEM pictures, we detected agglomerations on the surface of the GaN thin film. Possible causes of them were deeply discussed. Raman results proved the corresponding characteristic E₂(high) peak of the hexagonal GaN and exhibited that all thin films had tensile stress. Reasons of this stress were discussed. Optical, morphological, structural parameters of GaN thin film can be improved with controlling N rates. Produced thin films can be basic material in device applications such as solar cells, Light Emitting Diode (LED).

n-Si / GaN ince filmlerin fiziksel özellikleri: farklı N oranı etkisi

Keywords

RF saçtırma
 tekniği,
 GaN,
 N oranı,
 III-nitrür

Öz: GaN ince filmi, Radyo Frekansı magnetron saçtırma yöntemi ile n-tipi Si üzerinde farklı N oranları uygulanarak üretildi. XRD analizleri üretilen filmin polikristal yapıda olduğunu (oryantasyon (110) ve (100)) teyit etmiştir. Farklı N oranlarında malzemenin yapısal parametrelerinin değiştiği görülmektedir. Optik analiz, çeşitli N oranlarının Azot boşluğunun azalması nedeniyle ince film optik bant boşluk enerjisini değiştirdiğini göstermektedir. AFM resimleri, GaN ince filminin Nano yapıya sahip olduğunu ve periyodik tanecik yapısı gösterdiğini neredeyse homojen olan yapıyı göstermiştir. SEM resimlerinden GaN ince filminin yüzeyinde topraklar tespit ettik. Bunların olası nedenleri detaylı tartışıldı. Raman sonuçları, altıgen GaN'nin karşılık gelen karakteristik E₂ (yüksek) optic fonon titreşimini kanıtlamıştır ve tüm ince filmlerin sıkıştırma gerginliğine sahip olduğunu göstermiştir. Filmde oluşan bu stresin nedenleri tartışıldı. GaN ince filmin optik, morfolojik, yapısal parametreleri N oranlarının kontrol edilmesiyle iyileştirilebildiği bulunmuştur. Üretilen ince filmler, güneş pilleri, Işık Yayan Diyot (LED) gibi cihaz uygulamalarında temel malzeme olabilmektedir.

1. INTRODUCTION

Semiconductors of III-nitrides have been an important field of study to develop devices in optoelectronic applications [1]. Lately, several researchers studied them to apply high technology [2]. Gallium Nitride (GaN) has been material from group of III-nitrides and has noteworthy physical parameters (thermal stability, direct-wide bandgap, high-melting-point [3] high electron mobility [4], high breakdown voltage [5], mechanical hardness. This material has become an important material in the industry due to the above-

mentioned properties. It can be listed as; solar-cell [6-7], pH sensor [8], LED device [9], beta voltaic device [10].

In this article, N rates effect on physical parameters of n – Si/GaN thin film using Radio Frequency magnetron sputtering were deeply studied. We have two main contributions for this work. From our detailed literature review, impacts of various N rates on physical parameters n – Si/GaN thin film using Radio Frequency magnetron sputter method has not been investigated. In addition to this; nitrogen deficiency has been one of the

problems encountered in growing GaN thin films. This causes in the GaN material being of lower quality and this has been other reason to research the N rates effect on growth and characterization of GaN thin film.

2. MATERIAL AND METHOD

The working mechanism of the RF sputtering technique was explained in detail in the reference [11]. We used RF magnetron sputter machine (PVD-Midas 3M) to produce films at DAYTAM (East Anatolian High Technology Application and Research Center). To remove contaminations, a turbo molecular pump and a mechanical pump was used. GaN target with purity 99.99% (4N) and with 2¹¹ dia × 0.125¹¹ thick (lot no: 22709-16-02) was provided from ACI Alloys company. We purchased n – Si(100) (as substrate) (Sigma Aldrich Chemistry Company). The following processes were carried out before the thin-film growth step. Substrates used were carefully cut the diamond cutter. Before growing thin films, RCA-1 (Radio Corporation America-1) and RCA-2 (Radio Corporation America-2) cleaning procedures were applied. Also, 75 Watt Radio Frequency power was applied to our system. Argon gas was applied at a rate of 75 sccm as growth gas. Nitrogen gas was supplied to the system at 0, 1, 2, 3, 4 sccm to study the effect of N rates. Applied growth conditions

for films were given (in Table 1). International Organization for Standardization class (ISO-3) cleaning standards for all growth, cleaning, and preparation processes were followed. Also, GaN thin film's thicknesses were measured using surface profile metrology P7 (KLA-Tencor). Thin films' thicknesses were measured with a sensor (inside of the system). By comparing these values, calibration was done by a profile meter. Micro-Raman (alpha300 R) spectrometer was used to analyze optical parameters. Using UV/Vis/NIR Spectrophotometer (LAMBDA 1050), an optical bandgap analysis of thin films was performed. Field-Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) (Zeiss Sigma300model) was studied to analyze the surface of films. Morphological analysis of GaN thin films was studied using AFM-500II. X-ray Diffraction System (PANalytical Empyrean) was implemented ($\text{CuK}\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$) to study of the film's structure. DAYTAM facilities were used for whole growth and characterization processes.

Table 1. Applied growth condition for films

N Rates (sccm)	RF Power (Watt)	Base Pressure (kPa)	Working Pressure (kPa)	Film' Thickness (nm)	Growth Rate ($\text{\AA}/\text{s}$)	Substrate Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
0	75	0.14×10^{-6}	0.87×10^{-3}	110	0.3	300
1	75	0.26×10^{-6}	0.86×10^{-3}	110	0.3	300
2	75	1.09×10^{-7}	0.89×10^{-3}	110	0.3	300
3	75	1.15×10^{-7}	0.83×10^{-3}	110	0.3	300
4	75	0.27×10^{-6}	0.87×10^{-3}	110	0.3	300

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. XRD Phase Study

Fig. 1 gives XRD spectra of GaN/n – Si thin films. The peak of 32.40° was detected for all N rates, which was corresponded to hexagonal GaN (100) plane (ICSD-PDF: 01-076-0703 [12]). The peak of 61.19° was observed for all nitrogen values also, which was corresponded to hexagonal GaN (110) plane (ICSD-PDF: 01-079-2499 [13]).

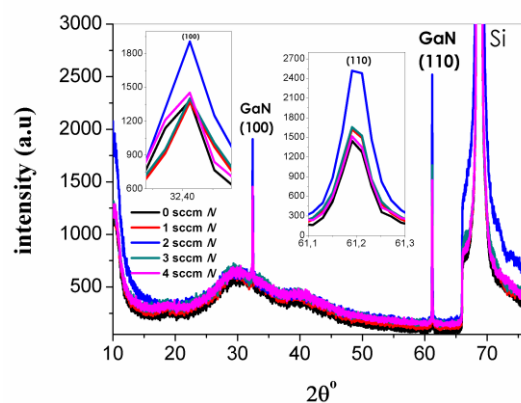


Figure 1 XRD spectra of GaN/n-Si thin films

X-ray diffraction measurements confirmed that GaN thin films have a hexagonal polycrystalline structure ((100) and (110) planes). 59.70° peak changed to 61.19° for (110) planes of hexagonal GaN. These shifts can be originated from impurities in the thin films. As expected, we observed a peak at $\sim 69^{\circ}$ belonging to Si, in agreement with the literature [14]. Thin-film grain size values can be found by Scherrer formula;

$$D = \frac{M\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

λ shows X-ray wavelength, $M = 0.9$ shows the constant, β shows FWHM intensity, θ shows Bragg's diffraction angle. Table 2 gives detailed structural parameters of thin films at different N rates.

Table 2 Detailed structural parameters of films

N Rates (sccm)	(hkl)	FWHM M (°)	2 θ (Observe d) (°)	2 θ (*) (°)	d-values (Å)	d-values (*) (Å)	Lattice parameters (*) (Å)	Lattice parameters (Å)	Grain size (D) (nm)
0	(100)	0.1580	32.40	32.38	2.7599	2.7626	a = 3.1900 c = 5.1890	a = 3.1868 c = 5.2041	54.67
	(110)	0.1571	61.19	59.70	1.5129	1.5475	a = 3.0950 c = 5.0000	a = 3.0258 c = 4.9411	61.34
1	(100)	0.2611	32.40	32.38	2.7599	2.7626	a = 3.1900 c = 5.1890	a = 3.1868 c = 5.2041	33.08
	(110)	0.2618	61.19	59.70	1.5129	1.5475	a = 3.0950 c = 5.0000	a = 3.0258 c = 4.9411	36.81
2	(100)	0.1570	32.40	32.38	2.7599	2.7626	a = 3.1900 c = 5.1890	a = 3.1868 c = 5.2041	55.01
	(110)	0.1563	61.19	59.70	1.5129	1.5475	a = 3.0950 c = 5.0000	a = 3.0258 c = 4.9411	61.65
3	(100)	0.1630	32.40	32.38	2.7599	2.7626	a = 3.1900 c = 5.1890	a = 3.1868 c = 5.2041	52.99
	(110)	0.1625	61.19	59.70	1.5129	1.5475	a = 3.0950 c = 5.0000	a = 3.0258 c = 4.9411	59.30
4	(100)	0.1425	32.40	32.38	2.7599	2.7626	a = 3.1900 c = 5.1890	a = 3.1868 c = 5.2041	60.61
	(110)	0.1427	61.19	59.70	1.5129	1.5475	a = 3.0950 c = 5.0000	a = 3.0258 c = 4.9411	67.53

*(PDF#01-076-0703, 01-079-2499)

N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm led to that FWHM was increased and the grain size of the material was decreased. On the other hand, N rate increasing from 1 sccm to 2 sccm led to that FWHM was decreased and the grain size of our material was increased. N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm led to that FWHM was increased and grain size of the material was decreased. But N rate increasing from 3 sccm to 4 sccm led to that FWHM was decreased and grain size of the material was increased. The result of a change of grain sizes can be explained; increase in grain size at increased N rate (from 1 sccm to 2 sccm and from 3 sccm to 4 sccm) can be attributed to energetic ion bombardment enhancement due to excess N as dominant mechanism. This increases mobility of ad-atoms. This leads to an increase in grain size. But increase in grain size at increased N rate (from 0 sccm to 1 sccm and from 2 sccm to 3 sccm) can be related to energetic ion bombardment decrement due to excess N as dominant mechanism. This decreases mobility of ad-atoms. This results in a decrement in thin film's grain size. Overall, it has achieved two main results. One has been that the structural properties (FWHM, grain size) of our material showed non-linear changes with N rates, as shown in Figure 2 clearly.

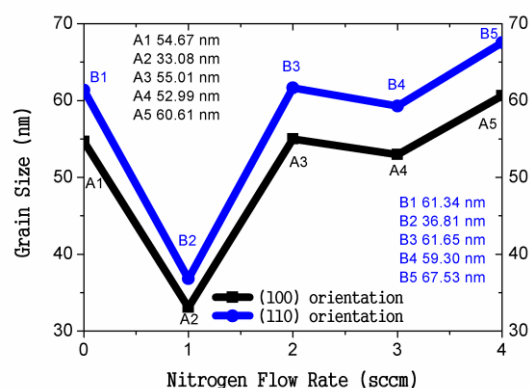


Figure 2. Grain sizes of (100) and (110) plane for various N rates.

Other has been that it was found that the highest grain size value in the structure of GaN/n – Si thin film for both planes was achieved under 4 sccm N rate and the lowest grain size value in structure of GaN/n – Si thin film for both planes was achieved under 1 sccm N rate.

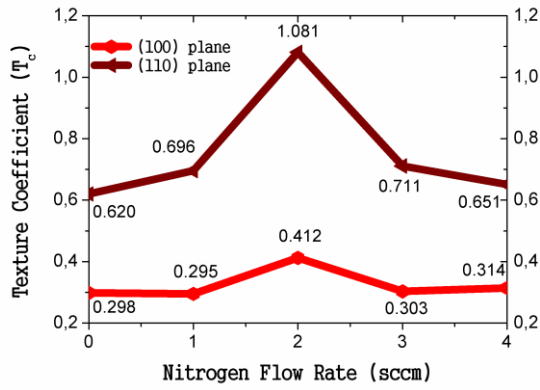


Figure 3 Texture coefficients (T_c) versus various N rates.

The texture coefficient (T_c) of the material was found by Harris-texture relation;

$$T_{c(hkl)} = \frac{I_{(hkl)}/I_{0(hkl)}}{(1/N)[\sum_N(I_{(hkl)}/I_{0(hkl)})]} \quad (2)$$

$T_{c(hkl)}$ shows the texture coefficient ((hkl) plane), $I_{(hkl)}$ shows XRD measurement intensity, $I_{0(hkl)}$ shows relative intensity for (hkl) plane from corresponding PDF code, N shows the number of reflections. Table 3 gives the texture coefficient and the corresponding plane.

Table 3. Texture coefficient for each plane

N Rates (sccm)	(hkl)	Measure d Intensity ($I_{(hkl)}$)	Relative Intensity ($I_{0(hkl)}$)	Texture Coefficient (T_c)
0	(100)	1382	4630	0.298
	(110)	1445	2330	0.620
1	(100)	1370	4630	0.295
	(110)	1624	2330	0.696
2	(100)	1908	4630	0.412
	(110)	2520	2330	1.081
3	(100)	1404	4630	0.303
	(110)	1658	2330	0.711
4	(100)	1454	4630	0.314
	(110)	1517	2330	0.651

The N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm lead to the texture coefficient value decreased for (100) plane. The N rate increasing from 1 sccm to 2 sccm results in that texture coefficient value increased for (100) plane. The N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm lead to the texture coefficient value decreased for (100) plane. The N rate increasing from 3 sccm to 4 sccm results in that texture coefficient value increased for (100) plane. As for (110) plane, the N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm lead to texture coefficient value increased. The N rate increasing from 1 sccm to 2 sccm result in that texture coefficient value increased for (110) plane. The N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm lead to texture coefficient value decreased. Also, the N rate increasing

from 3 sccm to 4 sccm lead to texture coefficient value decreased (Figure 3). As a result, at 2 sccm N rate, the highest texture coefficient for both planes was obtained. A large number of crystallites are oriented by their (hkl) planes in the direction of the specific crystalline plane if the texture coefficient is bigger than 1. If the texture coefficient is close to 1, it tells more random orientation. If the texture coefficient is between 0 – 1, it shows grain orientation fault toward the considered plane. Lattice parameters c and a can be calculated with formula 3 (Bragg formula) and 4 ;

$$d_{hkl} = \lambda / (2 \sin \theta_{hkl}) \quad (3)$$

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + h \cdot k + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}} \quad (4)$$

a and c are the lattice parameters for hexagonal material, d is the space of lattice, hkl is the miller indices, θ_{hkl} is the reflection angle from hkl miller indices, λ is the wavelength of X-ray source. Lattice constants of material are shown in Tab.2. From XRD results, it was concluded that the structural properties (FWHM, grain size, texture coefficient) of material showed non-linear behavior with N rate, as given Figure 2 and Figure 3. Also, at 2 sccm N rate, the highest texture coefficient for both planes was obtained.

3.2. Morphological Analysis by AFM

144

Figure 4 presents Atomic Force Microscopy images of material. The maximum depth (R_v) of material was 2.27 nm (the lowest value, 3 sccm flow rate). The maximum depth (R_v) of material was 8.19 nm (the highest value, the flow rate of 0 sccm), as showing in Figure 5.

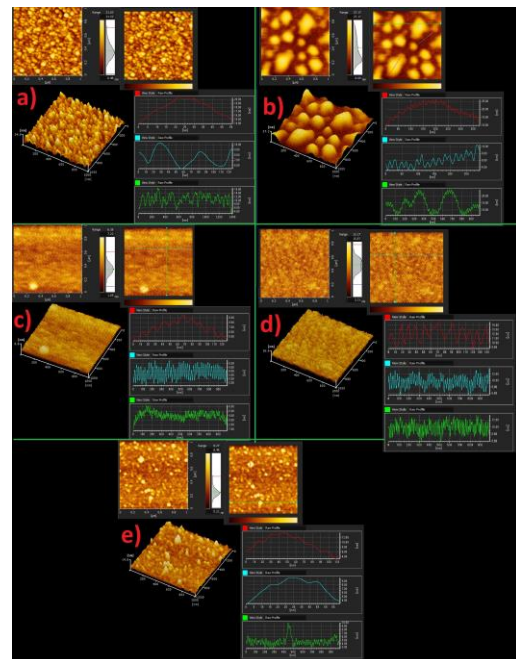


Figure 4. Atomic Force Microscopy images under a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 sccm N flow rates.

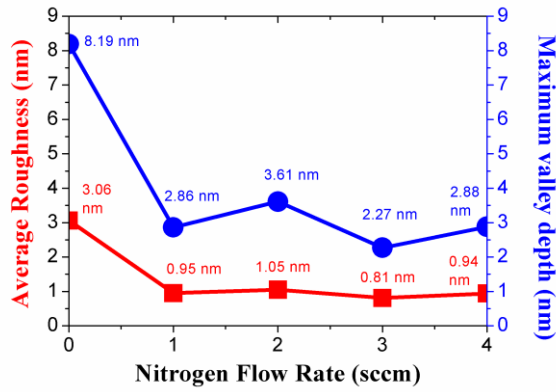


Figure 5. N rates & maximum valley depth and roughness

The highest average absolute slope (Δa) was 12.74° related to 0 sccm N rate. The lowest average absolute slope was 6.08° related to 2 sccm N rate. Maximum height of GaN thin film on n-Si substrate was 14.68 nm (the highest value) corresponding to 0 sccm N rate. Maximum height of material was 2.65 nm (the lowest value) corresponding to 1 sccm N rate. Table 4 gives surface properties of our material.

Table 4. Surface properties of materials

N Rates (sccm)	Average Roughness (R_a)(nm)	Maximum peak height (R_p)(nm)	Average-Absolute slope (Δa)($^\circ$)	Maximum-Valley depth (R_v)(nm)
0	3.06	14.88	12.74	8.19
1	0.95	2.65	8.44	2.86
2	1.05	3.73	6.08	3.61
3	0.81	3.08	7.73	2.27
4	0.94	2.95	8.46	2.88

N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm led to a smoother surface (2.11 nm). However; the N rate increasing from 1 sccm to 2 sccm led to a rougher surface (0.10 nm). The N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm led to a smoother surface (0.24 nm). The N rate increasing from 3 sccm to 4 sccm led to a rougher surface (0.13 nm). Our film's roughness ranged from 0.81 nm to 3.06 nm. 3.06 nm was the highest average roughness related to 0 sccm N rate, 0.81 nm was the lowest average roughness related to 3 sccm N rate. Morphologically desired thin film was obtained under the N rate of 3 sccm with the lowest roughness. The N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm led to a decrease in roughness. Surface morphology of the material was improved. However; the N rate increasing from 1 sccm to 2 sccm led to a slight increase in roughness. Surface morphology of the material was deteriorated. N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm led to a slight decrease in roughness. Surface morphology of our material was improved. But; N rate increasing from 3 sccm to 4 sccm led to a slight increase in roughness. Surface morphology of material was deteriorated. The AFM pictures demonstrated almost homogeneous with periodic grain arrangements, Nano-structured GaN film surface. It was concluded surface parameters of material exhibit non-linear behavior with N rate.

3.3. SEM Analysis

In order to investigate surface properties of the material, SEM measurement (secondary electron mode) was taken. 40.00 KX Magnification was used in the measurements. Figure 6 gives the material's Scanning Electron Microscopy images with a magnification of 40.00 KX for varied N rates.

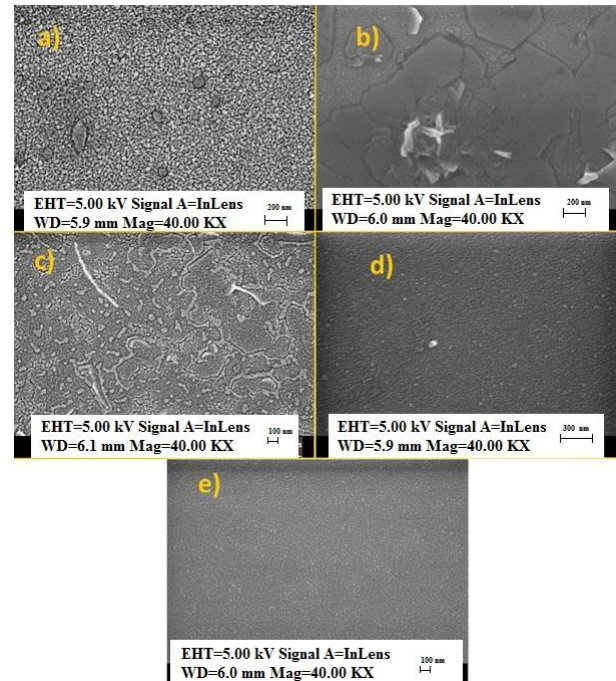


Figure 6 The material's Scanning Electron Microscopy images (40.00 KX magnification) a) 0 b) 1 c) 2 d) 3 e) 4 sccm N rates

The surface of the material at 0 sccm N rate exhibited some agglomerations due to van der Waals interaction between particles [15]. N rate increasing from 0 sccm to 1 sccm caused to that the material surface is distorted. When N rate was increased to 1 sccm and 2 sccm, it was seen that the material surface had some agglomerations. N rate increasing from 2 sccm to 3 sccm led to improvement of GaN thin film surface. The surface of the material exhibits an almost-homogenous structure. The N rate increasing from 3 sccm to 4 sccm caused to more improvement of GaN thin film surface. Also the grains on the material surface appear clearer. From evaluation of SEM measurements, it can be said that the best morphology in terms of surface homogeneity and clarity was obtained from N rate of 4 sccm. Also, changing the grain size with various N rate was supported by SEM images. Surface parameters of the material exhibited non-linear changes with different N rates.

3.4. Optical Properties Study

3.4.1. Optical bandgap energy

The material's optical bandgap energies were estimated using Tauc relation;

$$(\alpha h\nu)^f = Z(h\nu - E_g) \quad (6)$$

Where Z shows the constant value, r shows bandgap type, and E_g shows optical bandgap energy of the material, $h\nu$ shows photon energy. E_g gives direct-allowed bandgap energy of the material when $r = 1/2$. Fig. 7 presents $(\alpha h\nu)^2$ & E of the material for different N rates.

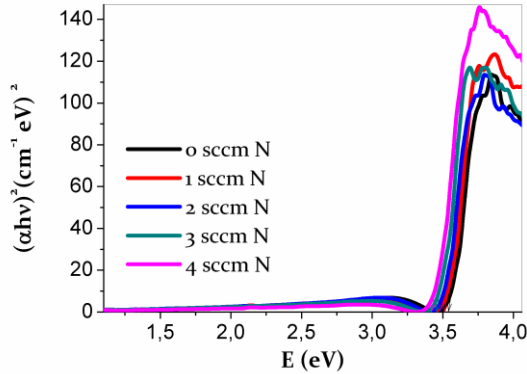


Figure 7 $(\alpha h\nu)^2$ & E of the material for different N rates

For $(\alpha h\nu)^2 = 0$, linear lines were plotted to achieve optical bandgap of the material. E_g values of the material were obtained to be 3.54, 3.51, 3.48, 3.45, 3.41 eV for 0, 1, 2, 3, 4 sccm, respectively, giving in Table 5.

Table 5. $E(g)$ values of materials

N Rates (sccm)	Optical bandgap energy (eV)
0	3.54
1	3.51
2	3.48
3	3.45
4	3.41

Increased N rate leads to a decrease in optical bandgap energy of the material. Reason for this can be explained as follows. N vacancy defects in GaN thin film leads to an increase in optical band gap of GaN thin film in literature study [16]. A change in thin-film optical bandgap energy could be due to a decrease in the N vacancy defect. Our optical bandgap energy values are found to be close to those in past studies [17].

3.4.2. Residual stress and optical-phonon modes

Group theory says that hexagonal GaN (belonged to C_{6v}^4 space group) possess Raman active modes of six ($1E_1(TO) + 1E_1(LO) + 2E_2 + 1A_1(TO) + 1A_1(LO)$). Raman spectrum of $GaN/n-Si$ thin films under various N rates is displayed in Figure 8.

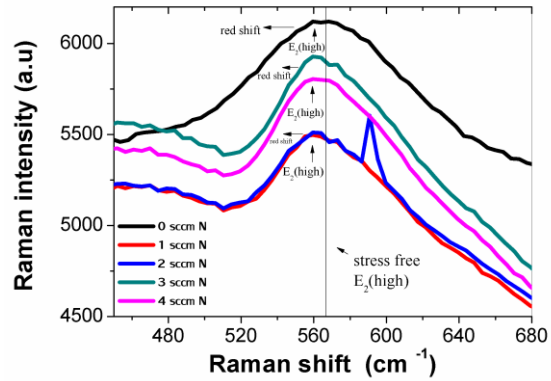


Figure 8 Raman results for different N rates

We detected peaks at 559.4908, 559.9355, 559.6885, 559.4908, 559.5896 cm^{-1} for 0, 1, 2, 3, 4 sccm N rate. The peaks observed correspond to the E_2 (high) [18] optical phonon mode. The highest Raman intensity was found at 0 sccm N rate. However, the lowest Raman intensity was found at 1 sccm N rate. We concluded that effects of plasmon-phonon coupling and the effects of surface states [19] can be a reason for higher Raman intensity. Mechanical parameters of thin-film have occupied an important place in device production. Therefore, controlling them has become very crucial to be able to fabricate high-quality device. GaN thin film stress free Raman shift of E_2 (high) was determined to be 567.2 cm^{-1} at previous investigation [20]. Thin-film feels compressive stress if the Raman shift is higher than stress free Raman shift of E_2 (high). It is called blue shift. But, if Raman shift is lower than stress free Raman shift of E_2 (high), thin-film feels tensile stress. It is called a red shift. Raman shift of E_2 (high) was in the red region at all nitrogen gas flow rates, proving all films had a tensile stress. The reasons for this stress are given as follows. Lattice constants of $n-Si$ and GaN are different ($a_{n-Si} = 5.4037 \text{ \AA}$ and for lattice constant of GaN , see Tab.2). Another factor is the thermal expansion coefficient difference ($\alpha_{GaN} = 5.6 \times 10^{-6} K^{-1}$, $\alpha_{n-Si} = \sim 2.6 \times 10^{-6} K^{-1}$). We grow thin film at 300 $^{\circ}C$ substrate temperature. During the growth process, films are expanding at different ratios due to the thermal expansion coefficient difference. After the cooled down process, films occurred stress in it. In conclusion, residual stress in GaN thin film has been significant in device fabrication. The separation layer in a device is formed due to compressive stress in films. This leads to a short-circuited in the material. A cracking in films is formed due to tensile stress. This leads to a limitation of the sheet usable thickness. In brief, the change in N rate has an influence on optical phonon modes.

4. CONCLUSION

Polycrystalline-hexagonal GaN (orientations (110) and (100)) thin film was successfully fabricated. The highest and the lowest grain size value of $GaN/n-Si$ thin film for both planes were obtained 4 sccm N rate and 1 sccm N rate, the optimal value to obtain highest grain size in our thin film was 4 sccm N rate among the applied values. At 2 sccm N rate, the highest texture

coefficient for both planes was obtained. It was concluded that surface parameters of the material exhibited non-linear behavior with N rate. Increased N rate leads to a decrease in thin film optical bandgap energy. It could be due to a decrease in N vacancy defect. The surface of the material at 0 sccm N rate exhibited some agglomerations due to van der Waals interaction between particles. E_2 (high) optical phonon mode was detected from Raman measurements. Also, the Raman peak shifted to the red region, confirming all films felt tensile stress due to thermal coefficient difference and the lattice parameter difference. These results may contribute to high-quality device production.

REFERENCES

- [1] Hu X-l, Wen R-l, Qi Z-y, Wang H. III-nitride ultraviolet, blue and green LEDs with SiO₂ photonic crystals fabricated by UV-nanoimprint lithography. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 2018;79:61-5. doi: 10.1016/j.mssp.2018.01.024.
- [2] Mohanty G, Sahoo BK. Effect of III-V nitrides on performance of graphene based SPR biosensor for detection of hemoglobin in human blood sample: A comparative analysis. *Current Applied Physics*. 2016;16(12):1607-13. doi: 10.1016/j.cap.2016.09.006.
- [3] Moon WH, Kim HJ, Choi CH. Molecular dynamics simulation of melting behavior of GaN nanowires. *Scripta Materialia*. 2007;56(5):345-8. doi: 10.1016/j.scriptamat.2006.11.013.
- [4] He XG, Zhao DG, Jiang DS, Zhu JJ, Chen P, Liu ZS, et al. GaN high electron mobility transistors with AlInN back barriers. *Journal of Alloys and Compounds*. 2016;662:16-9. doi: 10.1016/j.jallcom.2015.12.031.
- [5] Saito W, Suwa T, Uchihara T, Naka T, Kobayashi T. Breakdown behaviour of high-voltage GaN-HEMTs. *Microelectronics Reliability*. 2015;55(9):1682-6. doi: 10.1016/j.microrel.2015.06.126.
- [6] Miyoshi M, Tsutsumi T, Kabata T, Mori T, Egawa T. Effect of well layer thickness on quantum and energy conversion efficiencies for InGa_N/GaN multiple quantum well solar cells. *Solid-State Electronics*. 2017;129:29-34. doi: 10.1016/j.sse.2016.12.009.
- [7] Sheu J-K, Chen P-C, Shin C-L, Lee M-L, Liao P-H, Lai W-C. Manganese-doped AlGa_N/GaN heterojunction solar cells with intermediate band absorption. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2016;157:727-32. doi: 10.1016/j.solmat.2016.07.047.
- [8] Dong Y, Son D-h, Dai Q, Lee J-H, Won C-H, Kim J-G, et al. AlGa_N/GaN heterostructure pH sensor with multi-sensing segments. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2018;260:134-9. doi: 10.1016/j.snb.2017.12.188.
- [9] Liu Z, Chong WC, Wong KM, Lau KM. GaN-based LED micro-displays for wearable applications. *Microelectronic Engineering*. 2015;148:98-103. doi: 10.1016/j.mee.2015.09.007.
- [10] Lin J-H, Huang S-J, Su Y-K, Huang K-W. The improvement of GaN-based LED grown on concave nano-pattern sapphire substrate with SiO₂ blocking layer. *Applied Surface Science*. 2015;354:168-72. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.02.151.
- [11] Abud SH, Selman AM, Hassan Z. Investigation of structural and optical properties of GaN on flat and porous silicon. *Superlattices and Microstructures*. 2016;97:586-90. doi: 10.1016/j.spmi.2016.07.017.
- [12] Schulz H, Thiemann KH. Crystal structure refinement of AlN and GaN. *Solid State Communications*. 1977;23(11):815-9. doi: 10.1016/0038-1098(77)90959-0.
- [13] Yeh C-Y, Lu ZW, Froyen S, Zunger A. Zinc-blende wurtzite polytypism in semiconductors. *Physical Review B*. 1992;46(16):10086-97. doi: 10.1103/PhysRevB.46.10086.
- [14] Miyoshi M, Tsutsumi T, Kabata T, Mori T, Egawa T. Effect of well layer thickness on quantum and energy conversion efficiencies for InGa_N/GaN multiple quantum well solar cells. *Solid-State Electronics*. 2017;129:29-34. doi: 10.1016/j.sse.2016.12.009.
- [15] Kudrawiec R, Nyk M, Syperek M, Podhorodecki A, Misiewicz J, Streck W. Photoluminescence from GaN nanopowder: The size effect associated with the surface-to-volume ratio. *Applied Physics Letters*. 2006;88(18):181916. doi: 10.1063/1.2199489.
- [16] Li J, Liu H, Wu L. The optical properties of GaN (001) surface modified by intrinsic defects from density functional theory calculation. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*. 2018;154:378-82. doi: 10.1016/j.ijleo.2017.10.040.
- [17] Said A, Debbichi M, Said M. Theoretical study of electronic and optical properties of BN, GaN and B_xGa_{1-x}N in zinc blende and wurtzite structures. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*. 2016;127(20):9212-21. doi: 10.1016/j.ijleo.2016.06.103.
- [18] Harima H. Properties of GaN and related compounds studied by means of Raman scattering. *Journal of Physics: Condensed Matter*. 2002;14(38):R967. doi: 10.1088/0953-8984/14/38/201.
- [19] Sekine T, Komatsu Y, Iwaya R, Kuroe H, Kikuchi A, Kishino K. Surface Phonons Studied by Raman Scattering in GaN Nanostructures. *Journal of the Physical Society of Japan*. 2017;86(7):074602. doi: 10.7566/JPSJ.86.074602.
- [20] Nootz G, Schulte A, Chernyak L, Osinsky A, Jasinski J, Benamara M, et al. Correlations between spatially resolved Raman shifts and dislocation density in GaN films. *Applied Physics Letters*. 2002;80(8):1355-7. doi: 10.1063/1.1449523.



FSS Wall Design for High Isolation MIMO Antenna Array

Bilal TÜTÜNCÜ^{1*}

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye
Bilal TÜTÜNCÜ ORCID No: 0000-0002-7439-268X

*Sorumlu yazar: bilaltutuncu@yyu.edu.tr

(Alınış: 30.05.2020, Kabul: 05.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Antenna
Array,
FSS,
Mutual
Coupling

Abstract: In MIMO antennas, mutual coupling that adversely effects antenna performance is due to the surface currents. To date, many techniques such as Electromagnetic Band Gap (EBG) structures, metamaterial unit cell, band-stop filters and Frequency Selective Surfaces (FSS) have been proposed to suppress these surface currents. FSSs, when properly designed, can act as a band-stop filter in a given frequency range and thus prevent the propagation of these surface waves in the microstrip patch arrays. In this study, a new FSS unit cell is designed to reduce the mutual coupling effect caused by surface currents between two identical 2x1 patch antenna arrays with a 3.49 GHz operating frequency. These designed FSS unit cells are placed between the patches with a 1x5 periodic sequence. According to the simulation results, mutual coupling effect decreased by 26.6 dB without any shift in the transmission band with only 0.48 dB change in S_{11} . Finally, Envelope Correlation Coefficient-ECC curves are plotted separately for the antenna array with and without the FSS wall. It is observed that the ECC of the antenna array is dropped from 0.16 to 0.07 by applying the proposed isolation wall.

148

Yüksek İzolasyonlu MIMO anten dizisi için FSY duvar tasarımı

Anahtar Kelimeler

Dizi Anten,
FSY,
Karşılıklı
Kuplaj

Öz: MIMO antenlerinde, anten performansını olumsuz etkileyen karşılıklı kuplaj, yüzey akımlarından kaynaklanır. Bugüne kadar bu yüzey akımlarını bastırmak için, Elektromanyetik Bant Boşluğu (EBB) yapıları, metamalzeme birim hücresi, bant durdurma filtreleri ve Frekans Seçici Yüzeyler (FSY) gibi birçok teknikler önerilmiştir. FSY'ler, uygun şekilde tasarlandıklarında, belirli bir frekans aralığında bir bant durdurma filtresi olarak işlev görebilir ve bu nedenle bu yüzey dalgalarının mikro şerit yama dizilerinde yayılmasını önlerler. Bu çalışmada, 3.49 GHz çalışma frekansına sahip iki özdeş 2x1 yama anten dizisi arasındaki yüzey akımlarının neden olduğu karşılıklı eşleştirme etkisini azaltmak için yeni bir FSS birim hücresi tasarlanmıştır. Bu tasarlanan FSY birim hücreleri, 1x5 periyodik dizile yamalar arasına yerleştirilir. Simülasyon sonuçlarına göre, karşılıklı bağlantı etkisi, iletim bandında herhangi bir kayma olmadan 26,6 dB azaldı ve S_{11} 'de ise sadece 0,48 dB'lik bir değişim gözlemlendi. Son olarak, Zarf Korelasyon Sabiti (ZKS) eğrileri FSY duvarı olan ve olmayan anten dizisi için ayrı ayrı çizildi. Anten dizisinin ZKS' sinin, önerilen yalıtkan duvarı uygulanarak 0.16'dan 0.07'ye düşürüldüğü gözlemlendi.

1. INTRODUCTION

Multi-Input Multi-Output (MIMO) antenna systems have been developed to overcome multipath wave propagation distortions in Single-Input Single-Output (SISO) antennas, which are conventional antenna structures. Although MIMO technology offers a high data transmission speed, it has some disadvantages that must be overcome. In MIMO devices, it is important to obtain high isolation between close-range antennas in terms of

antenna performance. This isolation can be achieved by reducing mutual coupling effect caused by surface currents between the array antenna elements [1]. To date, many techniques have been introduced to reduce the effect of this undesirable mutual coupling effect. Negative index metamaterials [2], Electromagnetic Band Gap (EBG) structures [3], band stop filters [4], and frequency selective surfaces (FSSs) [5,6] are commonly used methods. One of the most interesting feature of FSSs is the controllability of the operating band when designed as fractal structures. In this case, researchers

can achieve the desired operating bands by scaling the geometric parameters of a particular FSS unit cell to a certain level. Therefore, when an FSS is needed for a new desired transmission band, no additional experiment is required. In literature, several FSS examples are presented using periodic fractal resonant element arrays [7-9]. In this study, a new FSS unit cell is designed to reduce the mutual coupling effect caused by surface currents between 2x1 identical array patch antennas with a 3.49 GHz operating frequency. Initially, two identical microstrip patch antennas with 3.5 GHz resonance frequency are designed on the same dielectric layer using Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio program. Reflection and transmission characteristics of the array antenna are investigated by plotting S_{11} and S_{21} curves. Then, an FSS unit cell that acts as a band stop filter in the same frequency region is designed and placed between the two patches with a 1x5 periodic array. Afterwards, the effect of this proposed FSS isolation wall on mutual coupling reduction is validated by re-plotting the transmission and reflection curves. According to the simulation results, a 26.6 dB decrease is observed in mutual coupling without any shift in the transmission band. Finally, based on the S parameters, the ECC of the antenna array is calculated and the curve is plotted against the frequency. It is observed that ECC has been reduced from 0.16 to 0.07 at center frequency with FSS application.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Microstrip Array Antenna Design

CST Microwave Studio is used for design, optimization and analysis. Figure 1 shows the shape and dimensions of the array antenna with two identical patches operating at a 3.49 GHz central frequency. FR4 is used as a substrate; with a relative dielectric permeability $\epsilon_r = 4.3$, thickness $h = 1.6$ mm, loss tangent $\delta = 0.025$. The distance between the two patches is 12 mm. Antenna feedings are provided with microstrip lines on the same surface and two parallel slits are used for 50 Ω impedance matching for each patch. These slit distances and the width of the feed line calculated as described in [10]. As shown in Figure 2, S_{11} and S_{21} graphs are plotted to examine the transmission and reflection characteristics of the array antenna. As seen < -10 dB bandwidth is between 3.43 GHz and 3.54 GHz. At 3.49 GHz (center frequency), S_{11} is -29.91 dB and S_{21} is -18.64 dB. Mutual coupling reduction between two closely placed radiated patches can be confirmed by decreasing the S_{21} . Because S_{21} is the expression of the signal power received from port 2 when excited from port 1 [11].

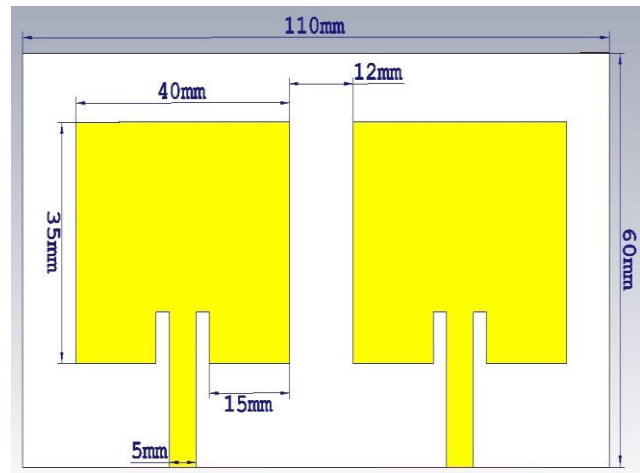


Figure 1. CST model and dimensions of the microstrip array antenna

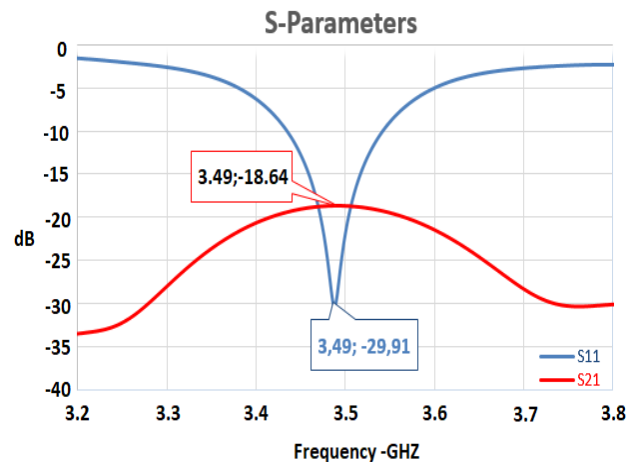


Figure 2. S_{11} and S_{21} curves of the microstrip array antenna

2.2 FSS Unit Cell Design and Implementation in the Array Patches

Figure 3 shows the dimensions and the shape of the proposed FSS unit cell, optimized to have band-stop characteristics at 3.49 GHz. The scaling is performed by using the optimization tab on CST Microwave Studio. The structure is designed symmetrically with respect to the y-axis, thus making it sensitive to the excitations from both port 1 and port 2 [12]. Afterwards these FSS unit cells are placed as a 1x5 periodic array between two patches to examine their effect on near field mutual coupling reduction. Figure 4 shows the new 2x1 array antenna structure with proposed FSS wall.

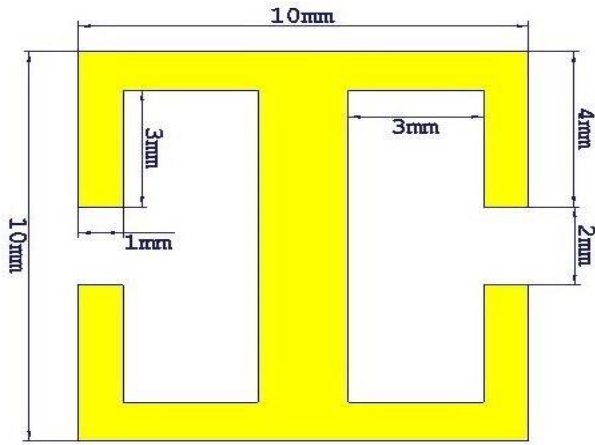


Figure 3. FSS Unit Cell shape and dimensions

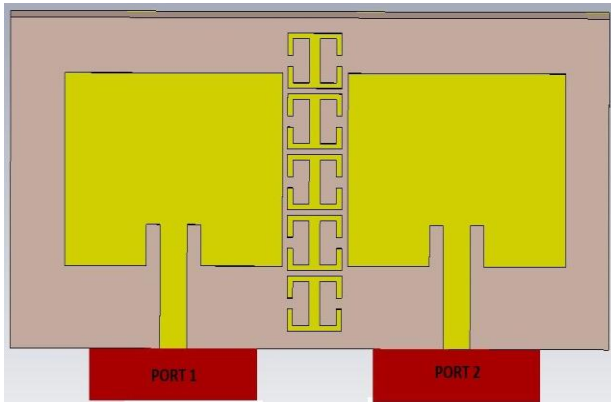
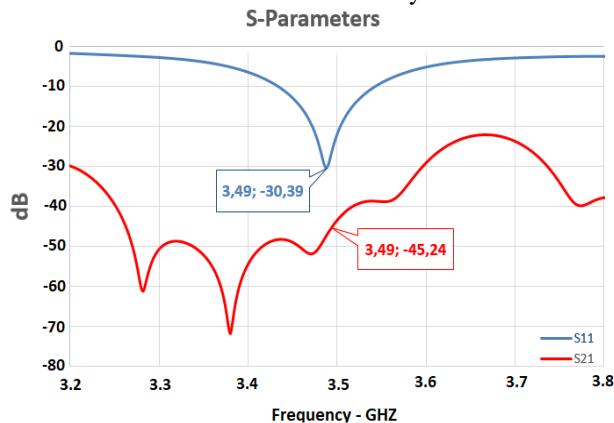


Figure 4. 2x1 microstrip array antenna structure with proposed FSS wall.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Scattering Parameters

In order to examine the effect of the proposed FSS unit cell on the mutual coupling reduction, transmission and reflection characteristics of the array antenna with FSS wall are re-examined. MC reduction between two closely placed radiated patches can be verified by S_{21} , which is the expression of the signal strength received from port 2, when excited from port 1. Figure 5 shows the S_{11} and S_{21} curves of the array antenna with FSS wall. S_{21} decreases by about 26.6 dB, while S_{11} shows little variation with 0.48 dB. In Table 1, S_{21} and S_{11} of the 2x1 array antenna at 3.49 GHz are compared with/without the FSS wall and the results are clearly shown.

Figure 5. S_{11} and S_{21} curves of 2x1 array antenna with FSS wallTable 1. S_{11} and S_{21} values of the array antenna at 3.49 GHz with and without FSS wall.

S parameter	Array Antenna	Array Antenna +FSS	Change
S_{11}	-29.91 dB	-30.39 dB	+0.48 dB
S_{21}	-18.64 dB	-45.24 dB	-26.6 dB

3.2. Envelope Correlation Coefficient

Envelope Correlation Coefficient (ECC) determines how independent two antennas' radiation patterns are. It ranges from 0 to 1; where 0 means no correlation so the best MIMO (diversity) gain, and 1 means identical patterns, so there is no MIMO gain. Therefore, another parameter of a good isolation between the two radiated patch antennas in MIMO systems is a low ECC. For MIMO antenna systems, ECC can be calculated as in Equation 1 [13];

$$\rho_{ij} = \frac{|\iint_{4\pi} \vec{F}_i(\theta, \phi) \cdot \vec{F}_j(\theta, \phi) d\Omega|^2}{\iint_{4\pi} |\vec{F}_i(\theta, \phi)|^2 d\Omega \cdot \iint_{4\pi} |\vec{F}_j(\theta, \phi)|^2 d\Omega} \quad (1)$$

$\vec{F}_i(\theta, \phi)$ refers to the far-field radiation pattern for the i th port, Ω is the solid angle and the operator \cdot refers to the Hermitian product. Antenna radiation patterns need to be measured to calculate Equation 1, and, as predicted, it becomes a difficult process. To overcome this problem and to make the ECC calculation easier, in ref. [14] Equation 2 has been proposed, so the ECC can be calculated using only S-parameters:

$$\rho_{ij} = \frac{|\sum_{n=1}^N S_{ni}^* S_{nj}|}{\sqrt{(1 - \sum_{n=1}^N |S_{ni}|^2)(1 - \sum_{n=1}^N |S_{nj}|^2)}} \quad (2)$$

It is clear that the necessity of the radiation model in Equation 1 becomes more complex than envelope correlation calculations based on Equation 2, which only requires scattering parameters. In [15], the ECC evolved to be expressed with S-parameters for two-antenna MIMO systems with Equation 3:

$$\rho = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{21}^* S_{22}|}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)} \quad (3)$$

Thanks to this representation, it is not necessary to know the radiation patterns of the antennas, and besides it is also easier to understand how parameters such as the common interactions of the antennas (S_{21}) and input impedance matching (S_{11}) effect the ECC. In this study, ECCs of the antennas with and without FSS wall are calculated using Eq.3 and then the ECC curves are plotted against frequency to verify the effect of the proposed FSS wall on isolation as shown in Figure 6.

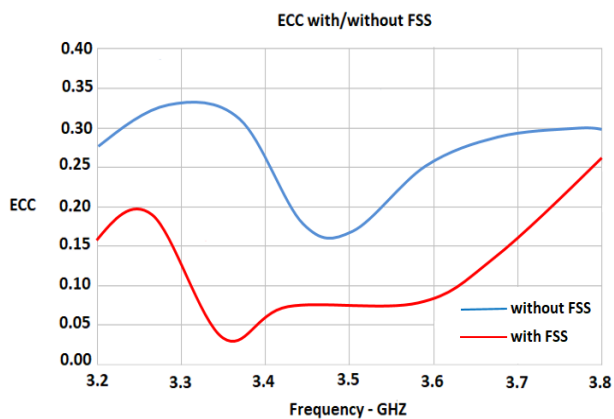


Figure 6. ECC curves of the array with/without proposed FSS wall

The ECC of the antenna without FSS wall is 0.16 at 3.49 GHz while it is 0.07 across the operating frequency band with FSS wall which supports the success of the proposed approach in mutual coupling reduction.

4. CONCLUSION

In this study, a newly designed FSS unit cell is used to reduce the near field mutual coupling effect which is the most critical problem for array antennas. Initially, a 2x1 array antenna is designed with a 3.49 GHz operating frequency and then transmission and reflection curves are plotted. Then, an FSS unit cell is designed to show band stop filter feature in the transmission band of this reference array antenna. Finally this FSS unit cells are placed between the patches with a 1x5 periodic array. According to the simulation results, mutual coupling reduced by 26.6 dB without any shift at the bandwidth. In addition, the ECC of the antenna array is computed and the curve is plotted against the frequency. It is observed that ECC has been reduced from 0.16 to 0.07 at center frequency using FSS implementation.

REFERENCES

- [1] Iqbal A, Saraereh OA, Ahmad AW, Bashir S. Mutual coupling reduction using F-shaped stubs in UWB-MIMO antenna. *IEEE Access*. 2017; 6: 2755-2759.
- [2] Yang XM, Liu XG, Zhou XY, Cui TJ. Reduction of mutual coupling between closely packed patch antennas using wave guided metamaterials. *IEEE Antennas and wireless propagation letters*. 2012; 11: 389-391.
- [3] Jiang T, Jiao T, Li Y. A Low Mutual Coupling MIMO Antenna Using Periodic Multi-Layered Electromagnetic Band Gap Structures. *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*. 2018; 33(3): 305-311
- [4] Dabas T, Gangwar D, Kanaujia BK, Gautam AK. Mutual coupling reduction between elements of UWB MIMO antenna using small size uniplanar EBG exhibiting multiple stop bands. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*. 2018; 93: 32-38.
- [5] Zhang B, Jornet JM, Akyıldız IF, Wu ZP. Mutual Coupling Reduction for Ultra-Dense Multi-Band

Plasmonic Nano-Antenna Arrays Using Graphene-Based Frequency Selective Surface. *IEEE Access*. 2019; 7: 33214-33225.

- [6] Li J, Xiao Z, Yang F, Cai Q, Li D. Triple-layer Complementary FSS for the Mutual Coupling Reduction of Relay Antenna Arrays. *International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, 2018. Boston: IEEE; 2018. p. 1567-1568.
- [7] Sheng X, Fan J, Liu N, Zhang C. A dual-band fractal FSS with SZ curve elements. *IEICE Electronics Express*. 2017; 14: 20170518.
- [8] Khajevandi S, Oraizi H, Amini A, Poordaraee M. Design of miniaturised-element FSS based on 2.5-dimensional closed-loop Hilbert fractal. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*. 2019; 13(6): 742-747.
- [9] Fallah M, Nazeri AH, Azadkhan MR. A Novel Fractal Multi-band Frequency Selective Surface. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*. 2019; 18(2): 276-285.
- [10] Tütüncü B, Torpi, H. (2017). Omega-shaped metamaterial lens design for microstrip patch antenna performance optimization at 12 GHz. *10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, ELECO 2017*. Bursa: In IEEE; 2017. p. 987-990.
- [11] Kumar N, Kiran Kommuri U. MIMO antenna mutual coupling reduction for WLAN using spiro meander line UC-EBG. *Progress in Electromagnetics Research*. 2018; 80: 65-77.
- [12] Tütüncü B. Polarizasyon Mod Bağımsız Üçlü Bant Mikrodalga Sinyal Emici. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2019; 9(1): 295-301.
- [13] Chen X, Zhang S, Li Q. A review of mutual coupling in MIMO systems. *IEEE Access*. 2018; 6: 24706-24719.
- [14] Thaysen J, Jakobsen KB. Envelope correlation in (N, N) MIMO antenna array from scattering parameters. *Microwave and optical technology letters*. 2006; 48(5):832-834.
- [15] Blanch S, Romeu J, Corbella, I. Exact representation of antenna system diversity performance from input parameter description. *Electronics letters*. 2003; 39 (9): 705-707.



3B Yazıcı Teknolojisi İçin Topoloji Optimizasyonu: N95 Maske Üzerine Bir Çalışma

Koray ÖZSOY^{1*}, Emre ŞENTÜRK², Duygu AYDOĞAN², Ömer Emre KORUCU²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Senirkent Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Koray ÖZSOY ORCID No: 0000-0001-8663-4466

Emre ŞENTÜRK ORCID No: 0000-0003-0574-1425

Duygu AYDOĞAN ORCID No: 0000-0002-1847-9633

Ömer Emre KORUCU ORCID No: 0000-0001-7598-5674

*Sorumlu yazar: korayozsoy@isparta.edu.tr

(Alınış: 18.06.2020, Kabul: 07.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar

Kelimeler

N95 Maske,
Covid-19,
3B Baskı,
Topoloji
Optimizasyonu

Öz: Hastalık, bireylerin yaşamı açısından programlanmayan iradesi dışında ve istenmeyen bir durumdur. Hastalık, biyolojik ve psikolojik olarak öncelikle bireyi etkiler. Görünürde tek kişiyi etkilemiş gibi görünse de birden fazla kişiyi etkileyebilir ve bu yüzden zincirleme bir şekilde topluma zarar verebilir. Bulaşıcı hastalıkların tedavisi çok çeşitli olup, hastalık yapıcı mikrobun cinsine göre değişir. Bunlar; grip, kızamık, kolera, menenjit, psittakoz, sıtma, suçiçeği, tetanos, tularemi, tüberküloz, uyku hastalığı, zatürre, tifo, tifüs ve yeni tip koronavirüs (COVID-19) gibi bulaşıcı hastalıklar örnek verilebilir. Yeni koronavirüs hastalığı (COVID-19), ilk olarak Çin'in Vuhan Eyaleti'nde aralık ayının sonlarında solunum yolu belirtileri (ateş, öksürük, nefes darlığı) gelişen bir grup hastada yapılan araştırmalar sonucunda ilk başta 31 Aralık 2019 da ortaya çıkan virüs 13 Ocak 2020'de tanımlanmıştır. Çalışma N95 maske tasarımı üzerinde yapılan topoloji optimizasyonunu kapsamaktadır. Maske filtresinin kolay değiştirilebilmesi için kapak tasarımı buna uygun ergonomide tasarlanmıştır. N95 maske tasarımında; tam dolu katı model ile %30, %40 ve %50 oranında topoloji optimizasyonu ile hafifletme işlemi uygulanmış çizimler yapılmıştır. Elde edilen katı modeller 3B baskı cihazı ile 50 mm/sn baskı hızında, 0,2 mm katman kalınlığında, %15 doluluk oranında işleme parametreleri ile imal edilmiştir. Tasarımlar, Solidworks® simülasyon programı ile topoloji optimizasyon modülü kullanarak sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular kendi içerisinde karşılaştırma ile değerlendirme yapılmıştır.

Topology Optimization For 3D Printer Technology: A Study On The N95 Mask

Keywords

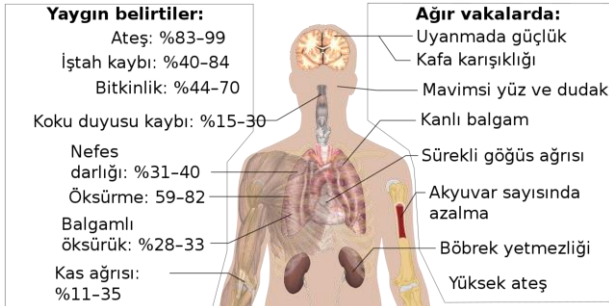
N95 Mask,
Covid-19,
3D Printer,
Topology
Optimization

Abstract: The disease is an undesirable and involuntary condition that cannot be programmed for the lives of individuals. The disease primarily affects the individual biologically and psychologically. Even though it may appear to affect only one person, it can affect more than one person and thus harm society in a chain. The treatment of infectious diseases is a great variety and varies according to the type of disease-causing microbe. As an example of the infectious diseases; flu, measles, cholera, meningitis, psittacosis, malaria, chickenpox, tetanus, tularemia, tuberculosis, sleep disease, pneumonia, typhoid, typhus and new types of coronavirus (COVID-19). New coronavirus disease (COVID-19), the virus that first appeared on December 31, 2019, as a result of research in a group of patients who developed respiratory tract symptoms (fever, cough, shortness of breath) in Wuhan Province in late December, January 13. It was defined in 2020. The study aims to topology optimization on N95 mask design. The cover design is ergonomically designed for easy replacement of the mask filter. In the N95 mask design, drawings with 30%, 40%, and 50% topology optimization and lightning are applied with the solid model. The solid models obtained were produced with a 3D printing device at 50 mm/sec printing speed, 0.2 mm layer thickness, and 15% fullness processing parameters. The designs were analyzed by using Solidworks® simulation program and topology optimization module. The obtained findings were evaluated by comparison within themselves.

1. GİRİŞ

Hastalık, bireylerin yaşamı açısından iradesi dışında ve istenmeyen bir durumdur. Hastalık durumunun niteliği, süresi, yoğunluk derecesi hastalık tiplerine göre farklılıklar gösterir. Hastalık, biyolojik ve psikolojik olarak öncelikle bireyi etkiler. Görünürde tek kişiyi etkilemiş gibi görünse de birden fazla kişiyi etkileyebilir ve bu yüzden zincirleme bir şekilde topluma zarar verebilir. Hastalıkların tanımlanma sürecinde hem bireyin kendisi hem de çevresindekilerle birlikte değerlendirilmeleri çok büyük önem taşımaktadır [1]. Bulaşıcı hastalıkların tedavisi çok çeşitli olup, hastalık yapıcı mikrobu cinsine göre değişir. Virüs hastalıkları ise antibiyotiklerden etkilenmezler. Belli başlı bulaşıcı hastalıklar: belsoğukluğu, bruselloz, çiçek hastalığı, difteri, dizanteri (amipli veya basilli), grip, hepatit, kızamık, kolera, menenjit, psittakoz, sıtma, suçiçeği, tetanos, tularemi, tüberküloz, uyku hastalığı, zatürre, tifo, tifüs ve yeni tip koronavirüs (COVID-19)'dur [2].

Şekil 1'de gösterildiği gibi yeni koronavirüs hastalığı (COVID-19), ilk olarak Çin'in Vuhan Eyaleti'nde aralık ayının sonlarında solunum yolu belirtileri (ateş, öksürük, nefes darlığı) gelişen bir grup hastada yapılan araştırmalar sonucunda ilk başta 31 Aralık 2019'da ortaya çıkan virüs 13 Ocak 2020'de tanımlanmıştır. Koronavirüsler, hayvanlarda veya insanlarda hastalığa neden olabilecek büyük bir virüs ailesidir. İnsanlarda, birkaç koronavirüsün soğuk algınlığından Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS) gibi daha şiddetli hastalıklara kadar solunum yolu enfeksiyonlarına neden olduğu bilinmektedir. Yeni Koronavirüs Hastalığına SAR-CoV-2 virüsü neden olur [3].



Şekil 1. Covid-19 belirtileri [4]

Sağlık çalışanlarının hastalar ile daha yakın temas halinde bulunmaları sonucu daha iyi ve güvenilir bir şekilde virüsten korunmaları gerekmektedir [5]. COVID-19 salgını ile mücadelede 3D baskı uygulamaları, kişisel koruyucu ekipman (KKE), tıbbi ve test cihazları parçaları, kişisel aksesuarlar, kişiye özel görselleştirme yardımcı parçaları ve acil durum konutları gibi geniş bir yelpaze içerisinde kullanımı vardır [6,7]. Son zamanlardaki koronavirüs pandemisi, tüm dünyadaki sağlık çalışanlarının hasta ve güvenliğinin sağlanmasında zorluklar yaratan kişisel koruyucu ekipman (KKE) sıkıntısı yaratmıştır. Sağlık çalışanlarının maskelerinin de kısa bir zaman içinde tüketilmesi ile tedarik etmek de oldukça sıkıntılı hale gelmektedir, üretimin hızlandırılması amacıyla 3B

yazıcılardan faydalanılarak koruyucu siperlerin plastik kısımları üretilmektedir [8]. Koruyucu siperliklerin iki plastik parçası bulunmaktadır. 3B yazıcı ile üretilen bölüme steril edilebilir asetat kâğıt takılır daha sonra ikinci parça da koruyucu siperin alt kısmına takılarak yüzün şeklini alması ve virüsten olabildiğinde korunması amaçlanmaktadır [9]. 3B baskı teknolojileri çalışma prensibi, eklemeli imalat (additive manufacturing) olarak nitelendirilen bir üretim yöntemini benimsemektedir.

3B baskı teknolojileri çalışma prensibi, eklemeli imalat (ing. additive manufacturing) olarak nitelendirilen bir üretim yöntemini benimsemektedir. Sanal ortamda tasarlanan 3B modellerin katı nesnelere dönüştüren makineler 3B yazıcı denir. 3B yazıcı ile istenilen her türlü parça, model ve aksesuarın basılması mümkündür. 3B yazıcılar, eklemeli imalat yöntemi olarak adlandırılan üretim tekniği ile çalışmaktadır. Baskı için başta termoplastik hammaddeler kullanılmaktadır ve bunlara filament ismi verilir. 3B yazıcıların bir 3B modele ihtiyacı vardır. Bunun için bilgisayar destekli tasarım programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarlanmış modeller veya 3B taranan cisimler. STL uzantısı ile 3B yazıcıya aktarılır. 3B yazıcılar, STL formatındaki dosyalar ile çalışmaktadır. 3B baskı filamentin yarı eriyik halde katmanlar oluşturacak şekilde tablaya dizilmesi ile imalat yapılır [10].

3B yazıcıların çalışabilmesi için 3B bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayar ortamında AutoCAD, SolidWorks, 3DS, gibi bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) programı ile tasarlanmalıdır veya 3B tarayıcılar ile taranmış nesnelere '.stl' formatı ile 3B yazıcıya aktarılmalıdır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde 3B baskı teknolojisi ile '.stl' uzantılı dosyayı algılar baskıyı gerçekleştirmektedir [11-13].

COVID-19 salgınına karşı önleyici ve koruyucu tedbirler kapsamında acil ihtiyaç duyulan ürünler 3B yazıcı teknolojisi ile imalatı gerçekleştirilmektedir. Bunların en önemlisi insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla koruyucu maske tasarımı veya maske kalıbı, koruyucu siper, filtre sabitleme, mühür vb. gibi maske bileşenlerini içeren ürünler, solunum cihazı parçaları ve vantilatör gibi elemanlar 3B yazıcılar ile üretilmektedir. Materyal olarak polymax PLA filament, FDM ABS, SLS / MJF naylon veya esnek SLA reçinesi gibi çeşitli farklı malzeme türleri kullanılmıştır. Filamentler kullanım alanı, basım sıcaklığı gibi ayırıcı unsurların etkisiyle birçok çeşitte bulunabilir. Bu çeşitlere PLA, ABS, PETG, Nylon, TPE, TPU, PET gibi filamentler örnek olarak gösterilebilir. Polilaktik asit veya diğer adıyla PLA filament, günümüzde en çok kullanılan filamentlerin başında gelmektedir. PLA filamentin popüler olmasında diğer noktalar ise kolay kullanımı, çok yönlü bir kullanım alanının bulunmasıdır. PLA filamentin tercih sebeplerinden bir diğeri de mekanik özelliklerinin yeterince iyi olmasıdır plastik, polipropilen ve poliüretan gibi geleneksel kullanımda olan plastik malzemelere göre mekanik özellikleri çok daha iyidir. 3B yazdırılabilir elastomerik polimerlerin veya kalıplanmış silikon bileşenlerin kullanımı cilt ara yüzünde tahrişi azaltmak ve uygun bir sızdırmazlık

sağlamak için kullanılabilir. Daha iyi hava sızdırmazlığı ve daha yumuşak cilt dokunuşu elde etmek için 3B baskı teknolojisinin malzemesi köpük veya silikon bant kullanılmaktadır [13,14].

3B baskılı ile üretilen maskeler geleneksel KKE'lere benzeyebilir. Ancak aynı seviyede bariyer koruması, sıvı direnci, filtrasyon ve enfeksiyon kontrolü sağlayamayabilirler. 3B baskı teknoloji ile koruyucu ekipmanların yenilikçi tasarımları herhangi bir düzenleyici kurum tarafından onaylanmamıştır ve performanstan ödün verilmiş olabilir. Ancak düşük maliyetli, hızlı ve merkezi olmayan ve dağıtılmış üretim sağladıkları için, 3B baskılı maskeler acil durumlarda yardımcı olarak görülür [15,16]. Örneğin; Ford, 3M ve General Motors'un birlikte COVID-19 hastalığı olan koronavirüse karşı koruyucu yüz maskesi teknik özelliklerini içinde barındıran 3B baskılı yüz kalkanları üretmektedir [17]. 3B yazıcıların sağlık sektöründe kullanılması amaçlarından biri kişiye özel koruma ekipmanları üretmektir. Ventilöz solunum maskesi N95 ya da FFPII, FFPIII gibi adlarla da anılan, çevredeki küçük partiküllerin, bakteri veya virüslerin en az %95'ini tutan maskelerdir. Bu maskeler esas olarak sağlık çalışanları tarafından özel durumlarda kullanılmak için üretilmektedir. N95 filtresi, 0.1 mikrona kadar yüksek verimlilikte filtre yapabilir. N95 maske yapılırken bu maskenin çocuk ve yetişkinler tarafında kullanılacağı bilindiğinden maske ölçüleri, tasarımı ve malzeme seçimi buna göre yapılmalıdır. Maskenin tasarım aşamasında ergonomik açıdan istenilen şartlara uyması istenmektedir. Uzun kullanımlar göze alınarak maskenin ağız çevresi ve yüzde oluşabilecek tahriş ve kesiklere karşı tasarımının yapılması gerekmektedir [18].

Çalışmada, topoloji optimizasyonu ile oluşturulan detaylı tasarımların 3B yazıcılarda yazdırılması ile gereken malzeme miktarlarının azaltılması için geliştirilen yenilikçi bir yöntemdir. Çalışma, N95 maske tasarımı üzerinde yapılan topoloji optimizasyonunu kapsamaktadır. Maske filtresinin kolay değiştirilebilmesi için kapak tasarımı buna uygun ergonomide tasarlanmıştır. N95 maske tasarımında; tam dolu katı model ile %30, %40 ve %50 oranında topoloji optimizasyonu ile hafifletme işlemi uygulanmış çizimler yapılmıştır. Elde edilen katı modeller 3B baskı cihazı ile 50 mm/sn baskı hızında, 0,2 mm katman kalınlığında, %15 doluluk oranında işleme parametreleri ile imal edilmiştir. Tasarımlar, Solidworks® simülasyon programı ile topoloji optimizasyon modülü kullanarak sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular kendi içerisinde karşılaştırma ile değerlendirme yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada, Şekil 2'de 3B yazıcı olarak gösterildiği gibi Creality3D Ender-3 Pro modeli kullanılmıştır. Tüm teknik özellikler ve sabit parametreler Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Creality3D Ender-3 Pro yazıcının görüntüsü

Tablo 1. 3B yazıcı teknik özellikleri

Model	Ender- 3 Pro
Baskı Boyutu	220*220*250 mm
Baskı Hızı ve hassasiyeti	180 mm/s , ±0.1 mm
Katman Kalınlığı	0.1-0.4 mm
Nozzle Boyutu	Standart 0.4 mm (0.2, 0.3 mm Nozzle kullanılabilir.) Maksimum Sıcaklığı, 225 °C
Tabla Sıcaklığı	≤110 °C
Desteklenen Dosya Formatı	.stl, .obj, .amf
Desteklenen Baskı Programları	Cura, Repetier-Host, Simplify3D
Filament	1.75mm PLA, ABS, Flexible, Karbon Fiber vb.
Ağırlık	6.9 kg
Makine Boyutu	440*440*465 mm

Tablo 2'de çalışmada kullanılacak PLA filament hakkında teknik bilgi ve parametreler verilmiştir. Çalışmada, 1.75mm çapında PLA filament tercih edilmiştir.

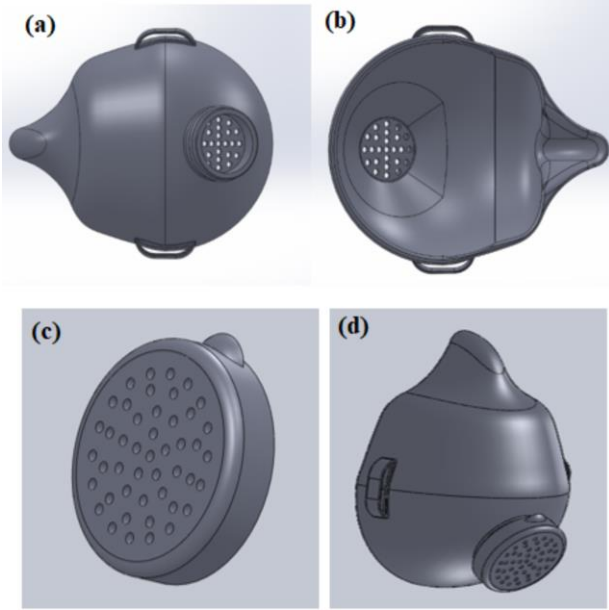
Tablo 2. PLA filamentin teknik özellikleri

Filament	PLA
Gerilme Direnci	65 MPa
Maksimum Çalışma Sıcaklığı	52 °C
Termal Genleşme Katsayısı	68µm/m-°C
Yoğunluk	1.24 g/cm ³
Ekstrüzyon Sıcaklığı	190- 220 °C
Tabla Sıcaklığı	45- 60 °C

2.2. Metot

2.2.1. N95 maske tasarımı

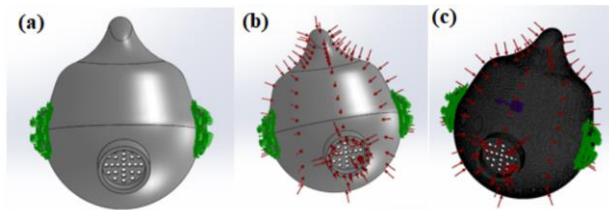
Çalışmada literatür taramasında edinilen bilgiler ışığında N95 maskenin insan anatomisine uygunluğu tasarımın en önemli evrelerinden birini oluşturmaktadır. Maske filtresinin kolay değiştirilebilmesi için kapak tasarımı buna uygun ergonomide tasarlanmıştır. Tasarım yapılırken gündelik kullanılan filtresiz maskelerin tasarımlarında olan eksi ve artı özelliklere dikkat edilerek gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Şekil 3'de Solidworks® [19] ile çizilmiş N95 maske tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 3. N95 maskenin görüntüsü a) ön görünüşü b) iç yüzey görünüşü c) kapak görünüşü d) N95 maske montajlanmış görüntüsü

2.2.2. Topoloji optimizasyonu

Topoloji optimizasyonu, bir tasarım içerisindeki malzeme dağılımını belirli yük ve sınır koşullarına bağlı olarak en iyi şekilde optimize eden istenilen tasarım ve üretime ulaşılmasını sağlayan bir tasarım tekniğidir. Çalışmada, Şekil 4'de gösterildiği gibi hem malzemeden hem de zamandan tasarruf sağlanarak maliyeti daha düşük ve hızlı bir çözüm bulmak için Solidworks® Simulation programı ile topoloji optimizasyonu çalışması yapılmıştır. Malzeme olarak PLA hammaddesi seçilmiştir. İki kenardan sabitlemeleri yapıldıktan sonra, yük bindirmek için 600 mbar N95 maskenin ön yüzeyine basınç uygulanmıştır. Çalışmada "En iyi Sertlik ve Ağırlık oranı" seçeneği seçilmiş olup azaltılacak kütle yüzde parametresi simülasyona girilmiştir. Mesh işlemi yapıldıktan sonra topoloji optimizasyonu için gereken ön işlemler tamamlanmıştır. Topoloji optimizasyonu uygulanarak sonuç alınmıştır.



Şekil 4. N95 maskenin topoloji optimizasyon ön işlemleri a) sabitlemeler b) yük uygulanması c) mesh görüntüsü

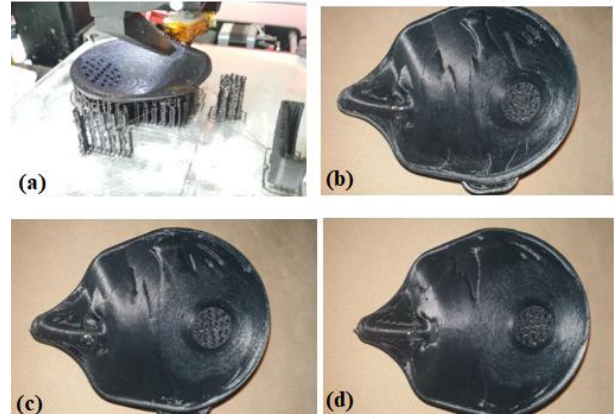
2.2.3. N95 maske imalatı

N95 maskenin imalatı 3B yazıcı kullanarak yapılmıştır. Tablo 3'de görüldüğü gibi Cura 3B programı ile işleme parametreleri oluşturulmuş ve tasarlanan katı modeller imal edilmiştir.

Tablo 3. 3B yazıcı imalat parametreleri

	Hafifletme			
	Yok	%30	%40	%50
Basma Hızı (mm/sn)	50	50	50	50
Katman Kalınlığı (mm)	0.2	0.2	0.2	0.2
Doluluk Oranı (%)	15	15	15	15
Tabla Sıcaklığı (°C)	50	50	50	50
Nozzle Sıcaklığı (°C)	210	210	210	210
İmalat Süresi (dk)	≈450	≈360	≈330	≈300

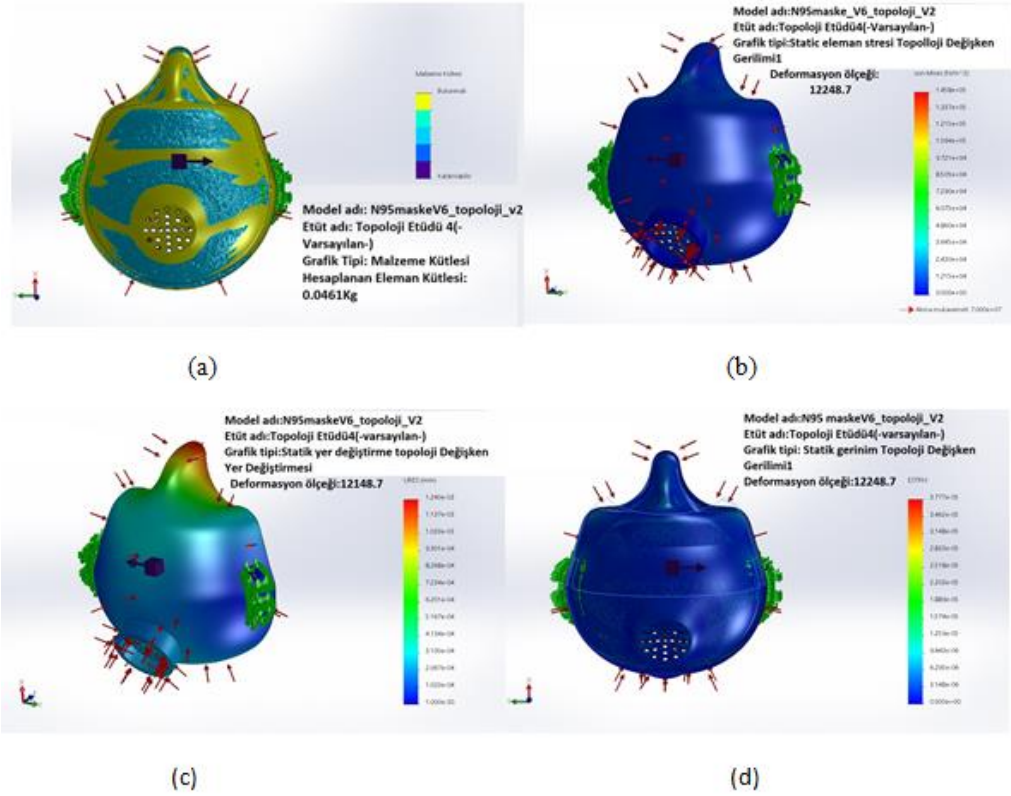
Şekil 5a'da gösterildiği gibi tam dolu N95 maske için imalat tamamlandıktan sonra destek parçaları ile birlikte imalat görüntüsü verilmiştir. Şekil 5b'de %30 hafifletme oranı ile topoloji optimizasyonu uygulanmış N95 maske imalatı tamamlanmış son işlem olarak parçanın üzerindeki baskıda oluşan destek parçaları zımpara yardımı ile temizlenip, maske kullanıma hazır hale getirilmiştir. Şekil 5c ve Şekil 5d'de %40 ve %50 hafifletme oranı ile topoloji optimizasyonu uygulanmış N95 maske başarılı biçimde imalatı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra gerekli son işlemler yapılarak maske kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5. 3B yazıcı imalat sonrası N95 maske görüntüleri a) tam dolu b) %30 hafifletme, c) %40 hafifletme, d) %50 hafifletme

3. BULGULAR

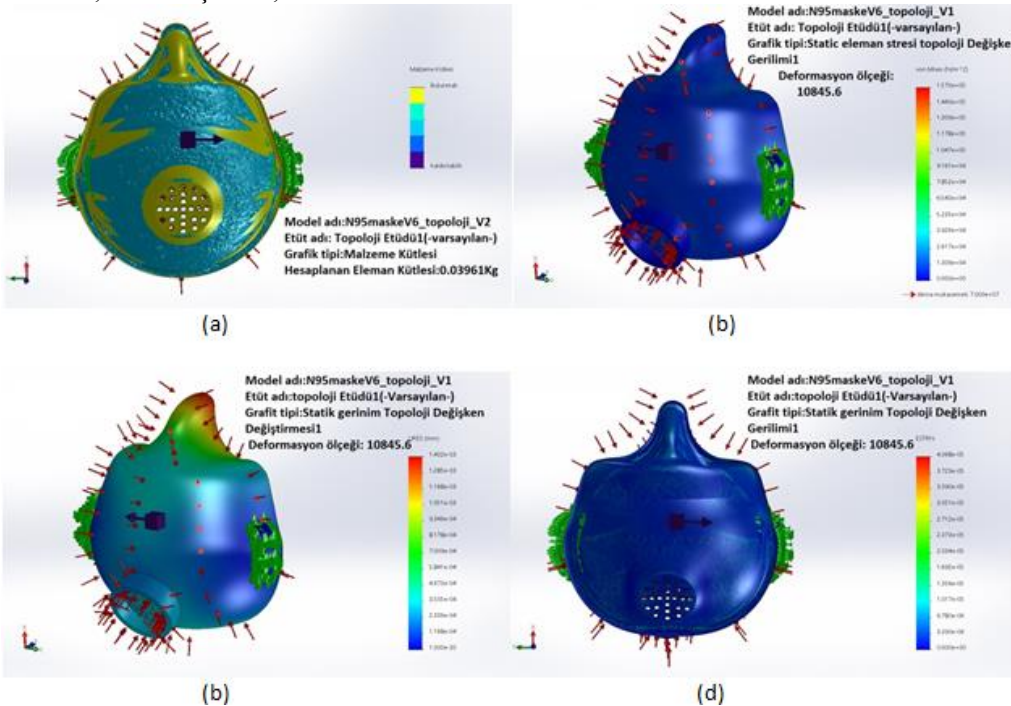
Çalışmada, N95 maskenin Solidworks programı ile tasarlanmış ve 3B yazıcı ile imalatı gerçekleştirilmiştir. Tasarımlar %30, %40, %50 ve tam dolu modeller olmak üzere 4 model olarak tasarımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Solidworks Simülasyon® programı ile yapılan topoloji optimizasyonu sonuçlarına göre aşağıda verilen grafikler elde edilmiştir. Şekil 6'da %30 hafifletme oranında N95 maskenin topoloji optimizasyon sonuçları verilmiştir. Şekil 6a'da malzeme kütle görüntüsüne göre 0,0461 kg ağırlık elde edilmiştir. Ayrıca hafifletme malzemesi kaldırılabilir bölgeler açık mavi renk ile gösterilmiştir. Sarı bölgeler mutlaka N95 parça üzerinde kalmalıdır. Şekil 6b'de Von-mises gerilmesi görüntüsü verilmiştir. Çalışmada en büyük Von-Mises gerilimi 149,6 MPa elde edilirken, en küçük Von-Mises gerilimi 12,5 MPa elde edilmiştir. Şekil 6c'de gösterildiği gibi yer değiştirme miktarı en büyük 1,24 mm elde edilirken, en küçük 0,1033 mm elde edilmiştir. Yer değiştirme miktarının en fazla olduğu bölge maskenin burun kısmında bulunmaktadır. Şekil 6d'de topoloji statik gerinim görüntüsü verilmiştir. En büyük değişken gerinimi 0,038 MPa elde edilirken, en küçük değişken gerinimi 0,0031 MPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 6. N95 maskenin %30 oranında hafifletme topoloji optimizasyon sonuçları (a) malzeme kütlesi, (b) Von-Mises gerilmesi, (c) statik yer değiştirme, (d) statik gerinim

Şekil 7'de %40 hafifletme oranında N95 maskenin topoloji optimizasyon sonuçları verilmiştir. Şekil 7a'da malzeme kütle görüntüsüne göre 0,03961 kg ağırlık elde edilmiştir. Şekil 7b'de Von mises gerilmesi görüntüsü verilmiştir. Çalışmada en büyük Von-Mises gerilimi 145,8 MPa elde edilirken, en küçük Von-Mises gerilimi 12,1 MPa elde edilmiştir. Şekil 7c'de gösterildiği gibi yer değiştirme miktarı en büyük 1,22 mm elde edilirken, en küçük 0,1017 mm elde

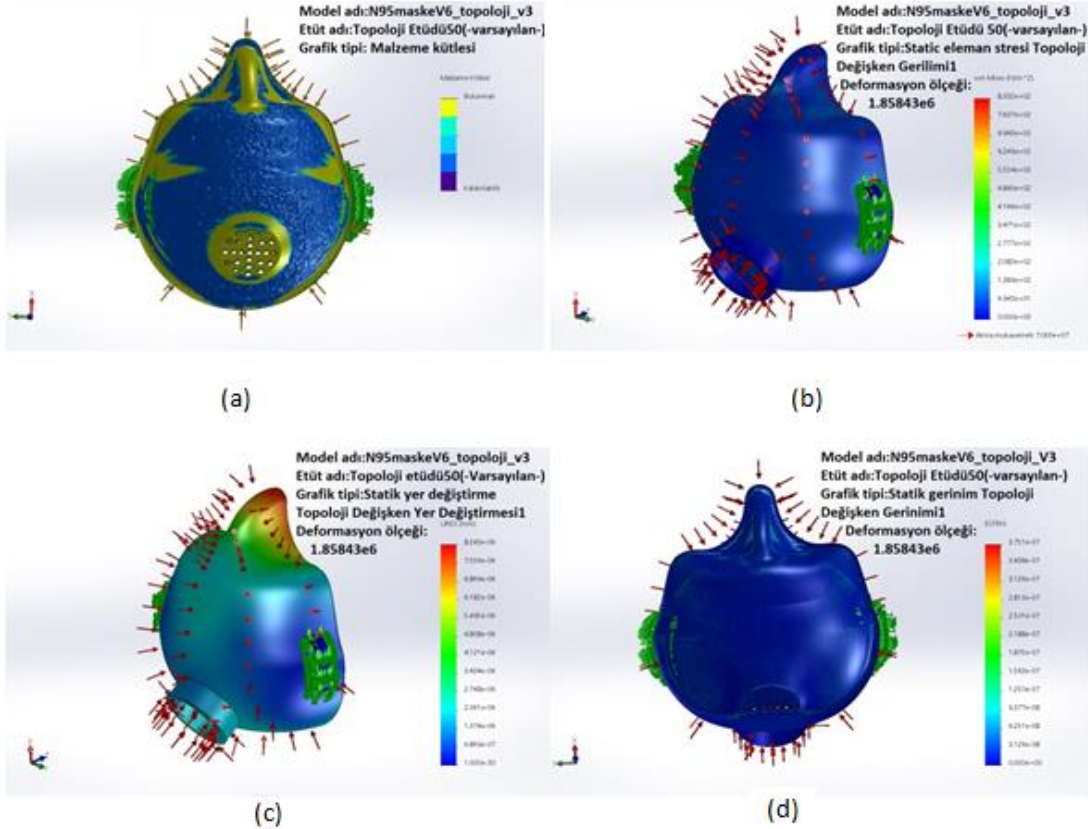
edilmiştir. Yer değiştirme miktarının en fazla olduğu bölge maskenin burun kısmında bulunmaktadır. Şekil 7d'de topoloji değişken gerinim görüntüsü verilmiştir. En büyük değişken gerinimi 0,030 MPa elde edilirken, en küçük değişken gerinimi 0,0025 MPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 7. N95 maskenin %40 oranında hafifletme topoloji optimizasyon sonuçları (a) malzeme kütlesi, (b) Von-Mises gerilmesi, (c) statik yer değiştirme, (d) statik gerinim

Şekil 8'de %50 hafifletme oranında N95 maskenin topoloji optimizasyon sonuçları verilmiştir. Şekil 8a'da malzeme kütle görüntüsüne göre 0,033125 kg ağırlık elde edilmiştir. Şekil 8b'de Von-Mises gerilmesi görüntüsü verilmiştir. Burada en büyük Von-Mises gerilimi 0,84 MPa elde edilirken, en küçük Von-Mises gerilimi 0,07 MPa elde edilmiştir. Şekil 8c'de gösterildiği gibi yer değiştirme miktarı en büyük 0,0083

mm elde edilirken, en küçük 0,00069 mm elde edilmiştir. Yer değiştirme miktarının en fazla olduğu bölge maskenin burun kısmında bulunmaktadır. Şekil 8d'de topoloji değişken gerinim görüntüsü verilmiştir. En büyük değişken gerinimi 0,00037 MPa elde edilirken, en küçük değişken gerinimi 0,00003 MPa olarak elde edilmiştir.



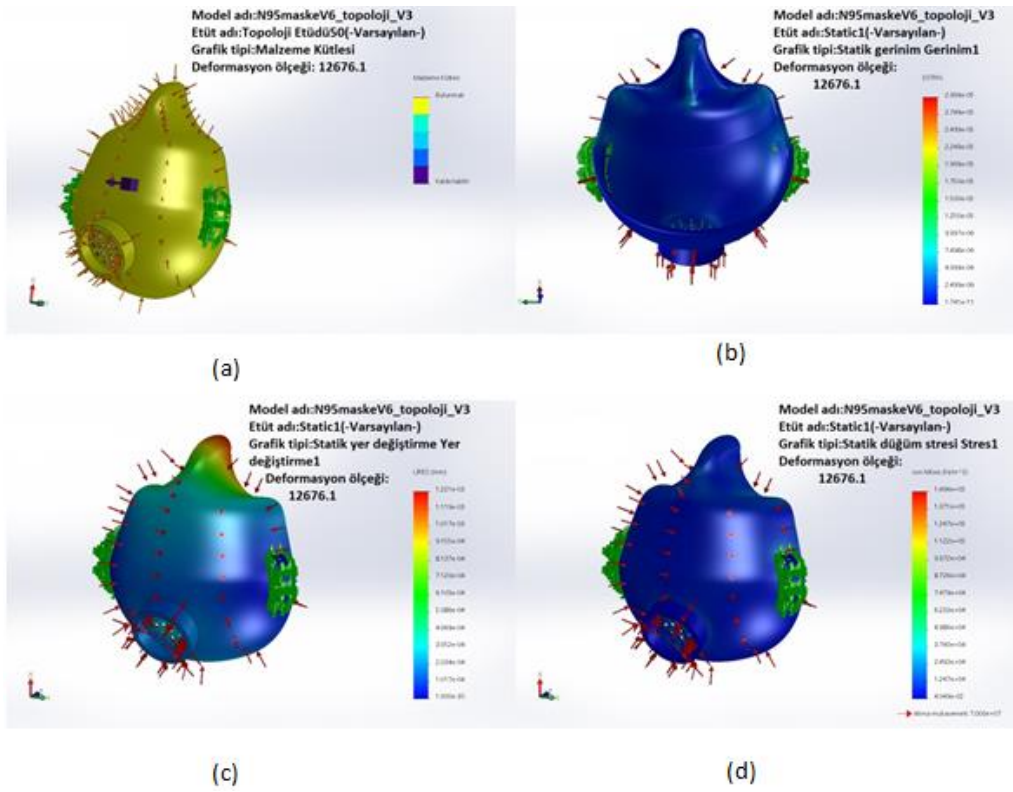
Şekil 8. N95 maskenin %50 oranında hafifletme topoloji optimizasyon sonuçları (a) malzeme kütlesi, (b) Von-Mises gerilmesi, (c) statik yer değiştirme, (d) statik gerinim

Şekil 9'de N95 maskenin topoloji optimizasyon uygulanmamış halinin görüntüsü verilmiştir. Şekil 9a'da gösterildiği gibi N95 maskenin hesaplanan orijinal kütlesi 0,066279 kg'dır. Şekil 9b'de Von-Mises gerilmesi görüntüsü verilmiştir. Burada en büyük Von-Mises gerilimi 157 MPa elde edilirken, en küçük Von-Mises gerilimi 13,1 MPa elde edilmiştir. Şekil 9c'de gösterildiği gibi yer değiştirme miktarı en büyük 1,40 mm elde edilirken, en küçük 0,12 mm elde edilmiştir. Yer değiştirme miktarının en fazla olduğu bölge maskenin burun kısmında bulunmaktadır. Şekil 9d'de topoloji değişken gerinim görüntüsü verilmiştir. En büyük değişken gerinimi 0,041 MPa elde edilirken, en küçük değişken gerinimi 0,0034 MPa olarak elde

edilmiştir. 3B yazıcı imalat sonrası N95 maske ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra N95 maskenin topoloji optimizasyon simülasyon sonuçları ile N95 maskelerin ağırlık değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Topoloji optimizasyon ile N95 maskelerin karşılaştırmalı ağırlık ölçümlerin gösterimi

	Hafifletme			
	Yok	%30	%40	%50
Simülasyonda hesaplanan ağırlığı (gr)	66,27	46,10	39,61	33,12
İmal edilen parçanın ağırlığı (gr)	66,60	46,33	39,81	33,29



Şekil 9. N95 maskenin orijinal kütlede topoloji optimizasyon sonuçları (a) malzeme kütlesi, (b) Von-Mises gerilmesi, (c) statik yer değiştirme, (d) statik gerinim

4. SONUÇLAR

Çalışmada, N95 maske tasarımı üzerine topoloji optimizasyonu Solidworks® simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 3B baskı cihazı ile üretilip ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir ve aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir:

- N95 maske %30, %40 ve %50 hafifletme oranında topoloji optimizasyon başarılı biçimde uygulanmıştır.
- Topoloji optimizasyonu uygulanmış N95 maske ağırlıkları, simülasyonda hesaplanan ağırlıklara göre tam dolu katı model sapma miktarı %0,49 oranındadır. Yüzdelik hafifletme oranına göre sapma miktarları %30 oranında 0,49, %40 oranında %0,50, %50 oranında %0,51'dir. Ayrıca artan hafifletme oranına bağlı olarak hem imal edilen hem de simülasyonda hesaplanan ağırlık miktarları da azalma meydana gelmiştir.
- N95 maske için tam dolu modele en yakın Von-Mises gerilimi, gerinim ve yer değiştirme %30 hafifletme oranında gerçekleştirilmiştir. Artan hafifletme oranı Von-Mises gerilimi, gerinimi ve yer değiştirme değerlerini düşürmüştür.
- Elde edilen sonuçlara göre tam dolu katı modele en yakın sonuçları veren model %30 hafifletme yapılan model olmuştur. Hem parçanın mekanik özellikleri büyük oranda korunmuş hem de yaklaşık %20 oranında malzemeden tasarruf edilmiştir. Bu sonuçlara göre N95 maske için %30 orandaki hafifletme topoloji optimizasyonu en uygun tercih olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Tekin A. Sağlık-Hastalık Olgusu Ve Toplumsal Kökenleri [yüksek lisans tezi]. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalı; 2007.
- [2] Krauss, H. Weber A., Appel, M., Enders B., Graevenitz A. v., Isenberg H. D., Schiefer H. G., Slenczka W., Zahner H. Infectious Diseases Transmissible from Animals to Humans. 3rd Edition, 456 pages. ASM Press. American Society for Microbiology, Washington DC., USA. 2003.
- [3] Til, U. D. A., Yeni Koronavirüs hastalığı Hakkında bilinmesi gerekenler. Ayrıntı Dergisi, 2020; 8(85), 53-57.
- [4] Wikipedia [Internet]. 2020 [cited 2020 Jun 17]. Available from: <https://tr.m.wikipedia.org/wiki/COVID-19>
- [5] Çetintepe, S. P., İlhan, M. N., COVID-19 Salgınında Sağlık Çalışanlarında Risk Azaltılması. Journal of Biotechnology and Strategic Health Research, 2020; 4, 50-54.
- [6] He, H., Gao, M., Illés, B. Molnar, K. 3D Printed And Electrospun, Transparent, Hierarchical Poly(lactic Acid) Mask Nanoporous Filter. International Journal Bioprint. 2020; 6(4).
- [7] Iyengar, K., Bahl, S., Raju, V. Vaish, A. Challenges and Solutions In Meeting Up The Urgent Requirement Of Ventilators For Covid-19 Patients. Diabetes Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews 2020; 14, 499–501.
- [8] Şahan, C., Özgür, E. A., Arkan, G., Alagüney, M. E., Demiral, Y. COVID-19 Pandemisi'nde Meslek Hastalığı Tanı Kılavuzu, 2020.

- [9] Mahouti, P. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi İle Bir Mikroşerit Yama Anteninin Maliyet Etkin Üretimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2019, 7(3), 473-479.
- [10] Choong, Y. Y. C., Tan, H. W., Patel, D. C., Choong, W. T. N., Chen, C. H., Low, H. Y., Chua, C. K. The Global Rise Of 3D Printing During The Covid-19 Pandemic. Nature Reviews Materials, 2020; 5(9), 637-639.
- [11] Duman, B., Kayacan, M. C, Seçmeli lazer sinterleme tezgâhı için imalat yazılımı geliştirilmesi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2016; 8(3), 27-45.
- [12] Ertugrul, I. The Fabrication of Micro Beam from Photopolymer by Digital Light Processing 3D Printing Technology. Micromachines, 2020, 11.5: 518.
- [13] Çelebi, A., Seziş, Ü. G. Katmanlı imalatta destek yapısının ve konumlandırmanın çarpılma üzerine etkisinin sımufact additive yazılımı ile simülasyonu. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2019; 3(2), 182-188.
- [14] Ishack, S., & Lipner, S. R. (2020). Applications of 3D Printing Technology to Address COVID-19 Related Supply Shortages. The American Journal of Medicine.
- [15] Li, J., Tanaka, H., & Miyagawa, S. (2018, July). Applying the Programmable Modeling Tool to Support the Hospital Infection Control Staff in Customizing the Filtering Face-Piece Respirators for Health Care Worker. In International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (pp. 270-279). Springer, Cham.
- [16] R. J. Morrison, K. N. Kashlan, C. L. Flanagan, J. K. Wright, G. E. Green, S. J. Hollister, K. J. Weatherwax, Clinical and translational science, 2015; 8, 594.
- [17] M. Di Prima, J. Coburn, D. Hwang, J. Kelly, A. Khairuzzaman, L. Ricles, 3D printing in medicine, 2016; 2, 1.
- [18] Davies, A., Thompson, K. A., Giri, K., Kafatos, G., Walker, J., Bennett, A. Testing the efficacy of homemade masks: would they protect in an influenza pandemic?. Disaster medicine and public health preparedness, 2013; 7(4), 413-418.
- [19] Provenzano, D., Rao, Y. J., Mitic, K., Obaid, S. N., Pierce, D., Huckenpahler, J., Loew, M. H. Rapid Prototyping of Reusable 3D-Printed N95 Equivalent Respirators at the George Washington University, 2020.



The Effect of Boric Acid on Mechanical Properties and Structural Characterization of Self-Compacting Concrete

Emre PALTA¹, Hakan ÇAĞLAR^{2*}, Arzu ÇAĞLAR³

¹ Kastamonu General Directorate of Highways, Kastamonu, Turkey

^{2*} Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, Kırşehir

³ Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, Kırşehir, Turkey

Emre PALTA ORCID No: 0000-0002-4456-0515

Hakan ÇAĞLAR ORCID No: 0000-0002-1380-8637

Arzu ÇAĞLAR ORCID No: 0000-0003-3928-8059

* Responsible Author: c.hakan@ahievran.edu.tr

(Alınış: 25.04.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Self-Compacting Concrete, Boric Acid, SEM, XRD

Abstract: Within the scope of this study, it is aimed to produce boric acid doped Self-Compacting Concrete (SCC) to be used especially in other buildings that are exposed to nuclear power plants and radiation. Within this scope, a reference sample without boric acid and which fulfils the conditions of being SCC was produced, and 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% boric acid was added to concrete water respectively by weight in addition to the reference sample design. Freshly Mixed Concrete Flow Table Test, V-Funnel, L Shape Box, U Shape Box Tests were performed on these samples in order to observe whether there was a change in the conditions of being SCC. Compressive strength and flexural strength tests were performed in order to compare the change in mechanical properties of obtained samples. Also, SEM and XRD analyses were carried out in order to observe the structural characterization changes. As a result of the studies carried out, it has been seen that boric acid added concretes have the feature of being SCC. The compressive strength of the samples was determined to be respectively 44.28, 59.4, 52.78, 48.6 and 47.8 MPa. It has been observed that boric acid additive causes an increase in pressure resistance up to 1%, while it causes a decrease in 1.5%, 2% and 2.5%. In SEM images, it has been observed that boric acid accelerates the formation of C-S-H gels by connecting C-H to yourself over time, and with this effect, an increase in compressive strength is achieved over time. It was determined that the formation of C-S-H gel provides the structure to be more impermeable and durable. It also caused a decrease in the porous structure in boric acid material.

Borik Asidin Kendiliğinden Yerleşen Betonun Mekanik Özellikleri ve Yapısal Karakterizasyonuna Etkisi

Anahtar Kelimeler

Kendiliğinden-Yerleşen Beton, Borik Asit, SEM, XRD

Öz: Bu çalışma kapsamında, özellikle nükleer santraller ve radyasyona maruz olan diğer yapılarda kullanılacak borik asit katkılı Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB)ların üretilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, KYB olma şartlarını sağlayan ve borik asit ilavesiz bir referans numune üretilmiş olup, oluşturulan referans numune dizaynına ilave olarak beton suyuna ağırlıkça sırasıyla %0.5, %1.0, %1.5, %2.0, %2.5 borik asit ilave edilerek numuneler oluşturulmuştur. Bu numuneler üzerinde KYB olma şartlarında değişim olup olmadığını gözlemlemek için Taze Beton Deneylerinden Yayılma Tablası, V-Hunisi, L-Kutusu, U-Kutusu deneyi yapılmıştır. Elde edilen numunelerin mekanik özelliklerindeki değişimi kıyaslamak için basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca yapısal karakterizasyon değişimlerini gözlemlemek içinde SEM ve XRD analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde borik asit katkılı betonların Kendiliğinden Yerleşen Beton olma özelliği taşıdığı görülmüştür. Numunelerin basınç dayanımının sırasıyla 44,28, 59,4, 52,78, 48,6 ve 47,8 MPa olduğu tespit edilmiştir. Borik asit katkısının %1 oranına kadar basınç dayanımında artışa neden olurken, %1,5, %2 ve %2,5 oranlarında ise azalmaya neden olduğu görülmüştür. SEM görüntülerinde ise borik asidin zamanla C-H'ı kendine bağlayarak C-S-H jellerinin oluşumunu hızlandırdığı ve bunun etkisiyle zamanla basınç dayanımında artış sağlandığı görülmüştür. C-S-H jeli oluşumu yapının daha geçirimsiz ve dayanıklı olması sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca borik asit malzemedeki gözenekli yapının azalmasına neden olmuştur.

1. INTRODUCTION

Concrete is the bearing and protection element that is the mostly needed and used, can be adjusted for any building design, is cheap, most frequently used in the world [1-3].

It being easy to produce, long-life and cheap, as well as having high strength against loads carries the concrete in top among building materials [4]. In order to meet the sector needs and in parallel with technological progress, developments have occurred in concrete industry [5].

New concrete types have come out in order to develop concrete, eliminate the problems, and produce new properties and functional concretes [6]. One of the concretes which has come out as result of the developments in concrete industry is SCC. SCC as a type of special concrete, due to its own weight, can easily slide and flow inside different parts of the formwork and generate a remarkable consolidation within the targeted formwork [7]. It does not need any external and internal vibration and leaves no defects as the result of bleeding and segregation [8]. Recently, self-compacted concrete is used widely, due to its special properties [9]. It has been aimed to traditionalize SCC rather than its advantages, and significant findings have been obtained and important progress has been made in SCC development [10-17].

Being used as admixture for concrete, boron element has considerable reserve in Turkey and is one of the important underground sources. 803 million tons boron reserve of known boron mineral deposits in the world are situated in the west of Turkey [18,19]. Boron is used in many fields, especially in ceramic and glass industry [20]. In construction industry, it is still intensely used in cement, concrete and brick field [21-25].

This study has created a reference sample which meets the criteria of being self-compacting concrete. 6 different self-compacting concrete was obtained by adding 0.5%, 0.1%, 1.50%, 2.0%, 2.5% boric acid (H_3BO_3) according to the percentage by weight of water without changing W/C ratio of created reference samples Flow table test, T-50 test and V shape box, L shape box and U shape test were performed in order to examine the properties of freshly mixed concrete and compare SCC criteria on these samples. Compressive strength and 3-point loading tests were performed in order to determine compressive strength and flexural strength from hardened concrete tests. It was subjected to SEM and XRD tests in order to evaluate its structural characterization.

In the literature research, it is seen that the additives used in KYB production are mostly used as cement substitute material [26-32]. During the researches, no studies that are substitute of boron or derivatives to mix water in SCC production have been found. This aspect makes the study more specific and important.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Material

CEM I 42.5 R class Portland Cement, boric acid, SAK, aggregate and water were used in this experimental study.

2.1.1. Cement

CEM I 42.5 R class Portland cement which is produced by Bartın Çimento San. A.Ş. was used in the production of SCC in experimental studies. This cement has been produced in conformity with TS EN 197-1 [33] by grinding clinker produced for Portland cement, and 5% minor addition component and gypsum together. Table 1 shows chemical analyses of cement which were used in the study.

Table 1. Chemical Analysis of Cement

Chemical Analyses %	
SiO ₂	18.73
Al ₂ O ₃	4.56
Fe ₂ O ₃	3.07
CaO	63.91
MgO	2.08
SO ₃	2.90
Ignition Loss	3.36
K ₂ O ₃	0.62
Na ₂ O	0.29
(Na ₂ O);Na ₂ +0,658*K ₂ O	0.70
Cl	0.0185
Non-measurable	0.46
Total	100
CaO (Free CaO)	0.56
Insoluble Residue	0.85

2.1.2. Boric acid

Boric Acid (H_3BO_3) which was used in production of Boron doped SCC in the studies was provided from Sigma Aldrich company. Physical and chemical properties are given in Table 2. Boric Acid (H_3BO_3) which is one of the boron compounds has white granular structure.

Table 2. Physical and Chemical Analysis of Cement

Physical and Chemical Analyses	
Molecular Weight (g/mol)	61.83
Degree of Purity (%)	99
Boron amount (%) (B)	17.3
Boiling point (°C)	300
Melting point (°C)	169
pH Range	5.2
Density (g/cm ³)	1.435
Resolution	Partially Soluble in Water
Physical Appearance	Crystal
Clour	White

2.1.3. Aggregate

Aggregate which was used in the production of SCC in the experimental studies was obtained from Çankırı province Ilgaz district Musaköy stone pit. Pit field constitutes permian crystallized limestone which is observed within Karakaya Formation in around of work

site. “Monoliths” whose heights can vary from a few meters to over a few kilometres are called as “Limestone Member” belonging to Karakaya Melange. Crystallized limestones constituting pit area are white, grey, beige and has fissured, close-joints, solid and sturdy structure. Its cracks are filled with clay.

2.1.4. Chemical additives

Polycarboxylic ether based super plasticizer concrete admixture Master Glenium SKY608 which was obtained from BASF was used in production of SCC in the experimental studies. This admixture is being used in production of SCC and it is suggested to be used as around 0.8 – 1.5 kg for 100 kg (binder) by weight in SCC mixtures.

2.1.5. Water

Water which is used in production of SCC in the experimental studies was obtained from Kastamonu drinking water which has no organic substance and mineral salts.

2.2. Method

2.2.1. Production of SCC samples

Firstly, boric acid was transformed into solution at 80oC (Figure 1a). Then, aggregate, cement, water, boric acid solution and admixture which constitute the concrete were mixed through a mixer until it became homogeneous mixture. Produced concrete mixture was casted in cubic sample molds having 150x150x150 dimensions and girder sample molds having 100x100x400 dimensions (Figure 1b). After being waited in the molds for 24 hours, SCC samples were removed out of mold and taken to curing pool (Figure 1c). Samples which were cured in curing pool for 28 days was taken out from curing pool, and compressive strength and flexural strength tests were applied to the samples in order to determine mechanical properties of them.

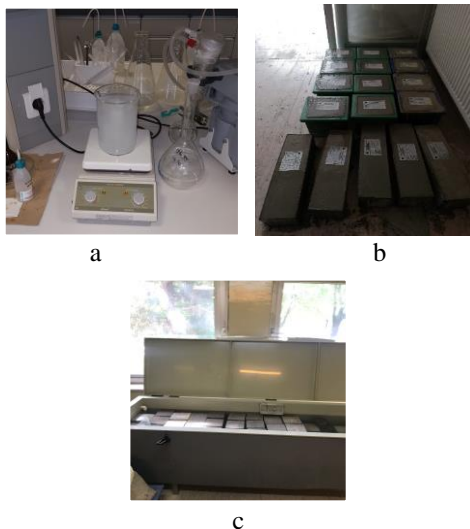


Figure 1. a) Preparation of boric acid solution, b) Pouring the mixture into the molds, c) Curing samples

Tests performed on SCC samples were carried out in the RE&DE Laboratory of the 15th Regional Directorate of Highways, and SEM and XRD measurements were carried out in Kastamonu University Central Research Laboratory.

2.2.2. Tests applied to samples

Freshly mixed (flow table test, V shape box test, U shape box test, L shape box test) and hardened concrete (compressive strength test, flexural strength test) on produced SCC samples. Also, SEM and XRD measurements were performed in order to determine structural characterization of it.

3. FINDINGS AND DISCUSSION

3.1. Results of Freshly Mixed Concrete Tests

Flow table test, V shape box test, U shape box test, L shape box tests were performed on prepared fresh concrete grout. The slump flow and T50cm is a test to evaluate the deformability, flow-ability and flow velocity of the self-consolidating concrete in the absence of obstacles [34]. Table 3 shows SCC threshold values, Table 4 shows test results of fresh concrete of SCC produced within the scope of the study. Boric Acid admixture was indicated as BAD” in Table.

Table 3. SCC threshold values

Testing Method	Property to be Measured	Unit	Threshold Value	
			Min.	Max.
Flow in Flow Table	Filling Ability	mm	650	800
Filling Box	Passing Ability	%	90	100
Time for first 50 cm in Flow Table	Filling Ability	sec	2	5
V Funnel	Filling Ability Resistance to Decomposition	sec	6	12
U Shape Box Rise Amount Measurement (H)	Passing Ability	mm	30	-

Table 4. Results of freshly mixed concrete tests

	Results of Flow Table Test (mm)	V Shape Box Test Results and T-50 Time		U-shape box Test Results (Height Diff. H2-H1)	L-shape box Test Results (Height Diff. PA= H ₂ /H ₁)
		T-50 Time (Sec)	V Sha. Box Test Res. (Sec)		
REF	780	2< T50<4	10	6	1
%0.5 BAD	730	2< T50<4	13	7	1
%1.0 BAD	720	2< T50<4	14	7	1
%1.5 BAD	720	2< T50<4	15	9	1
%2.0 BAD	700	2< T50<4	15	9.3	1
%2.5 BAD	670	2< T50<4	17	12.5	1

When flow table test results have been examined, it has been seen that reference sample without boric acid dope is in SF3 class in terms of followability according to Efnarc.

It has been observed that flow amount of boric acid doped samples has decreased in parallel with the increase in boric acid addition. However, all test samples fulfil the SCC properties according to Efnarc [35] when flow table test results have been examined, and enter SF-2 class.

When V shape box test results have been examined, it has been seen that Reference number and all boric acid doped samples fulfil the characteristic of being SCC according to Efnarc and T-50 in terms of V shape box test results. It has been observed that V shape box flow time of boric acid doped samples has decreased in parallel with the increase in boric acid addition and T-50 time has increased generally even increase slightly in 1-2 and 2-3.

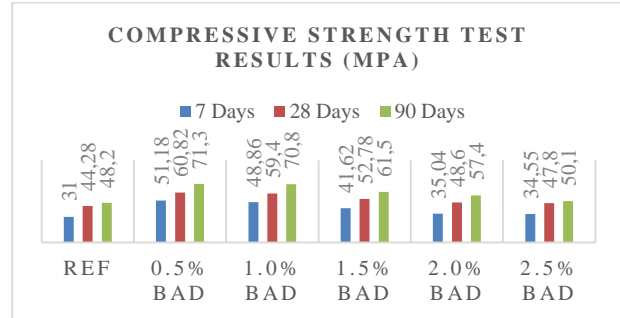
When U shape box test results; and reference sample and other boric acid doped samples have been examined, it has been seen that reference sample has the best passing ability and its passing ability has decreased in parallel with boric acid addition increase.

When L shape box test results have been examined, it has been seen that PA=(H₂/H₁) ratio of reference sample and all boric acid doped samples was 1, and no height difference has been occurred in L shape box test apparatus. However, time passed for closing the height difference has increased in parallel with the increase in boric acid addition. So, reference sample has completed height difference within shorter time and shown fast settlement. According to Efnarc, these test results was PA > 0.8 and sample class was PA2 because the test was performed in 3 reinforced L shape box.

3.2. Results of Hardened Concrete Tests

3.2.1. Results of compressive strength test

Compressive strengths on cubic samples in 150x150x150 (mm) was measured for 7, 28 and 90 days and recorded. The obtained data has been transformed into graphic in Figure 2.

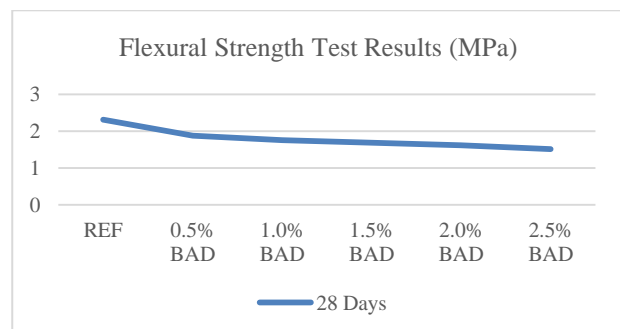
**Figure 2.** Results of compressive strength test

When test results have been examined, it has been seen that reference sample had the lowest compressive strength. Compressive strength values of boric acid doped samples have shown decrease inversely proportional to the increase of boric acid addition. The highest compressive strength has been observed in boric acid doped test samples with 0.5% and 1%. It has been determined that compressive strength of samples for 7, 28 and 90 days supported each other.

When all samples have been examined, it has been seen that there was slight difference between 0.5% and 1.0% boric acid doped samples and the highest values was obtained with these samples. Compressive strength in reference sample and other 1.5%, 2.0% and 2.5% boric acid doped samples was increased flagrantly.

3.2.2. Results of flexural strength test

3 point bending test was performed to samples produced in 100x100x400 (mm) dimensions, their flexural strengths were measured for 28 days and recorded, and obtained data has been shown in graphic in Figure 3.

**Figure 3.** Results of flexural strength test

When test results have been examined, it has been seen that reference sample had the highest flexural strength. 0,5 % boric acid doped concrete had the highest flexural strength in boric acid doped samples. Flexural strength of samples has decreased in parallel with the increase in boric acid addition. The fact that reference sample having the highest flexural strength has made think that boric acid addition have a reducing effect on flexural strength of concrete.

3.3. Measurement Results Performed for Determination of Structural Characterization

3.3.1. Scanning electron microscope (SEM) results

Scanning Electron Microscope (SEM) analysis has been performed for interaction of coarse and fine aggregate and interfacial transition zone (ITZ) between cement. Shortly, all significant information on shape, texture, interface phase, pores and cracks of particles can be observed from SEM images of self-compacting concretes. SEM images have been taken from cracked samples after compressive strength. Performance of each concrete mixture can be associated with its micro structure. Different phases such as portlandite, calcite, ettringite and calcium silicate hydrate (C-S-H) which occur in concrete can be used for analysis in SEM images. Self-compacting concrete has a composite structure consisting of solid phase, pores and water. When SEM images have been examined, it has been seen that aggregate-putty interface had very intensive micro structure (Figure 4a). The main reason of this situation is linked to the behaviour of self-compacting concrete mix. It is known that interface transition areas between coarse aggregate and cement matrix has weak connection in normal vibrated concrete. It has been seen in 28-day SEM images that, C-H phases had crystallized, disappeared and gave its place to C-S-H gels.

Main factor on compressive strength is aggregate-matrix interface. Boric acid has been used up to 2.5% ratio and structure which cement linkage created around of aggregate has been examined. It has been seen that when hydration product, especially boric acid, was used in 0.5% and 1% ratio, it placed around of aggregate robustly (Figure 4b, Figure 5a). Also, it is seen that SEM image which was formed in the event of using boric acid in 0.5% and 1% ratio had tighter and voidless structure compared to control sample. Boric acid has linked C-H to itself over time and accelerated the formation of C-S-H gels and compressive strength has increased depending on time because of this situation. So, as well as a new C-S-H gel formation being obtained by adding boric acid as filling material, it has been ensured that the structure to become more impermeable and durable. Moreover, it has caused condensation in porous structure of micro structure and decrease in porosity (Figure 5b, Figure 6a). It has been seen that they also had C-S-H gel which was scattered equally and cause a compact and homogeneous structure compared to control mix. In the event of boric acid replacement in higher rates, voids and pores started to increase prominently in especially 2.5% boric acid replacement. Micro crack formation has also

been observed (Figure 6b). Compressive strength increase has decreased according to control sample because of this situation.

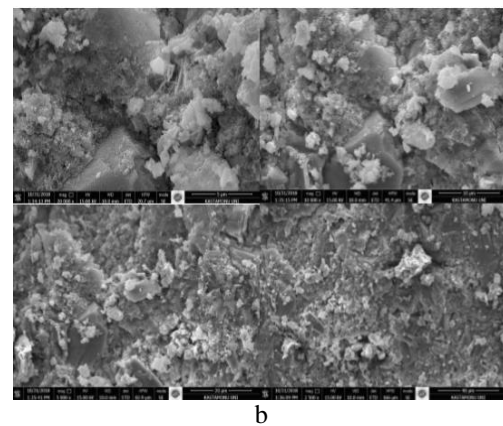
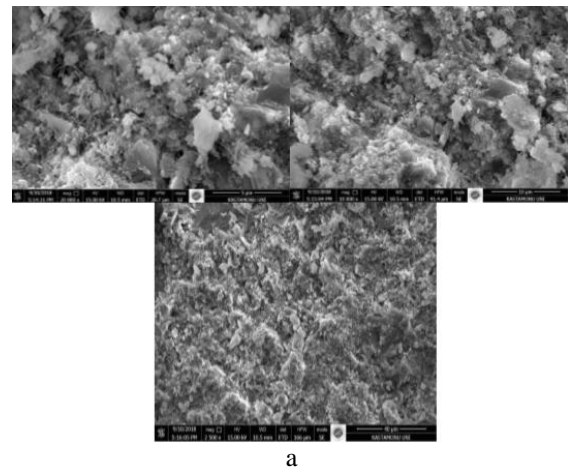


Figure 4. a) SEM images of reference sample, b) SEM images of 0.5% sample

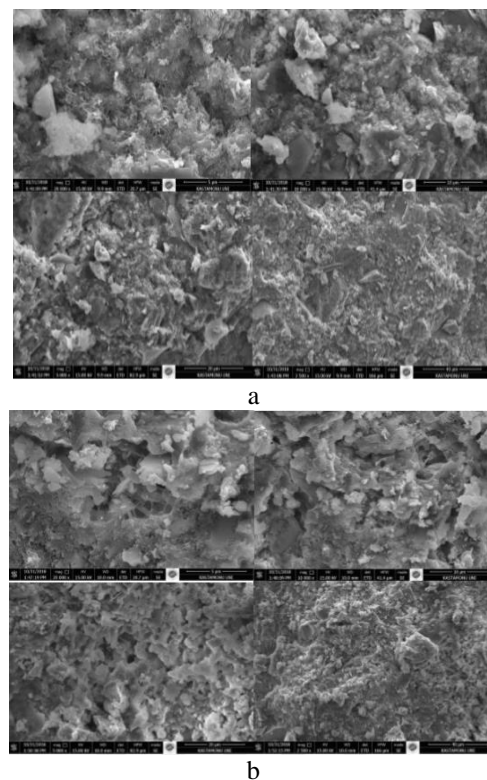


Figure 5. a) SEM images of 1.0% sample, b) SEM images of 1.50% sample

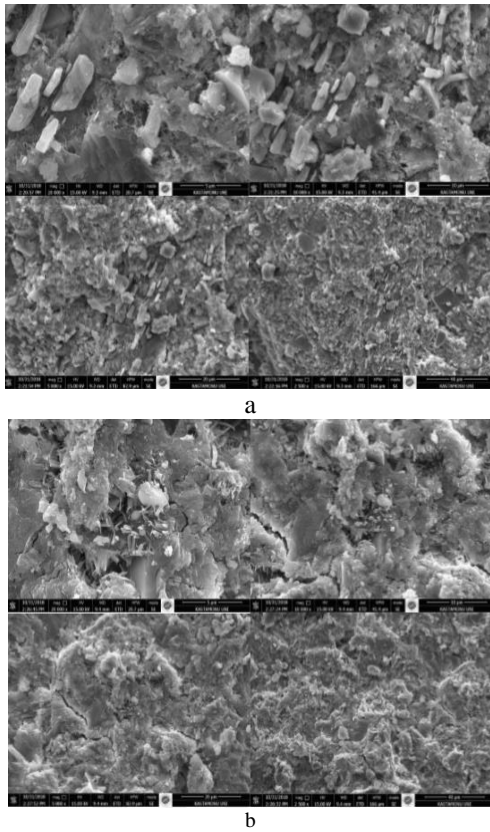


Figure 6. a) SEM images of 2.0% sample, b) SEM images of 2.5% sample

3.3.2. X-Ray diffraction (XRD) analyses

X-ray diffraction technique is used in order to determine crystallized structure and lattice parameters. In this technique which operates according to Bragg law, a new pattern is obtained by perceiving the reflection of sent beam over material.

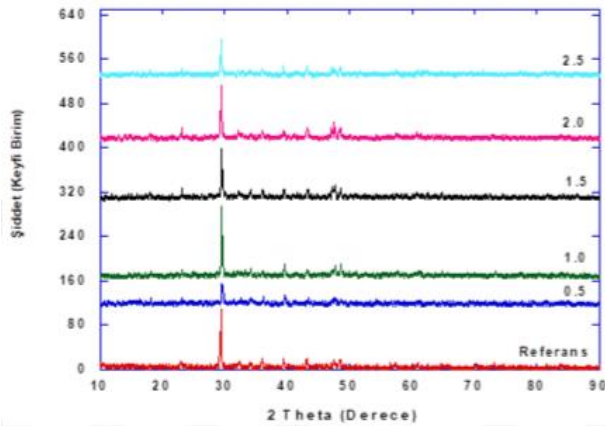


Figure 7. XRD graphic

When XRD graphic given in Figure 10 was examined, it has been seen that diffraction peak intensity has decreased in first boric acid additive (0.5%) when reference number and doped samples are compared, and intensity value has increased when boric acid amount has increased. Diffraction peaks are formed as a result of diffraction of X-ray in planes among the particles of sample. The increase and decrease of particle sizes change intensity values of these peaks as directly proportional. When XRD analyses of samples produced

in this study have been examined, it has been seen that when boric acid additive has increased, dominance peaks observed in about 30o has significantly increased after especially 0.5% additive rate. However, no significant difference has been observed among diffraction peaks of 1%, 1.5%, 2% and 2.5% doped samples compared to reference sample. Addition has not changed the crystal structure. As it can be seen in Figure, diffraction peaks has occurred in the same angles. Different phase to cause a remarkable change has not been observed. This result is the indicator of that boric acid addition has penetrated into the structure to a large extent. Some additive atoms may also have been entered into particles. This is a factor which affect the porosity among particles. These results must also be supported with SEM analyses. When SEM analyses are examined, it is clear that morphological structure has not undergone an important change with the boric acid addition. When XRD peaks are examined, it is possible to associate the low peak intensity of 0.5% additive rate with the decrease in granule size. SEM image of 0.5% boric acid doped samples show that granules are smaller compared to other samples.

4. CONCLUSIONS

Results obtained from experimental study and observations are explained as items below.

- When fresh concrete results are assessed as a whole, all test samples have shown the characteristic of SCC. However, it is assessed that there has been decreases in flow together with effect of boric acid additive which was added to concrete and this would directly affect other criteria, the concrete would not meet criteria of being SCC with boric acid additive increase after a certain point.

- 0,5% boric acid doped sample has shown the highest strength in compressive strength test. Compressive strength of concrete has also decreased together with the increase of boric acid additive after 0,5%. Nevertheless, it is seen that boric acid additive has affected positively compressive strength of concrete.

- Reference sample has shown the highest strength in flexural strength test. Flexural strength of concrete has also decreased with boric acid addition. It is seen here that boric acid additive has affected flexural strength of concrete in decreasing way.

- When SEM images have been examined, boric acid has linked C-H to itself over time and accelerated the formation of C-S-H gels and compressive strength has increased in time because of this. So, a new C-S-H- gel formation has been obtained with boric acid addition and it has been ensured the structure to become more impermeable and durable. Voids and pores have started to increase prominently with 2.5% boric acid addition. Micro crack formation has also been observed. Compressive strength increase has decreased according to control sample because of this situation.

– In XRD analyses, when XRD peaks have been examined, it has been seen that when boric acid additive has increased, dominance peaks observed in about 300 has significantly increased after especially 0.5% additive rate. It is possible to associate the low peak intensity of 0.5% boric additive rate with the decrease in granule size and pores. SEM image of 0.5% boric acid doped samples shows that granules are smaller compared to other samples. SEM, XRD results supports the increase in compressive strength, especially in 0.5 boric acid doped concrete samples.

– When assessed generally, it has been seen that SCC production will be made by adding boric acid. It has been seen in SEM and XRD analyses that boric acid replacement has penetrated into concrete to a large extent.

REFERENCES

- [1] Neville, AM. Properties of concrete. ELBS. 1989.
- [2] Singh KJ, Singh N, Kaundal, RS, Singh K. Gamma-ray shielding and structural properties of Pbo-SiO₂ glasses. Nuclear inst. meth. phy. resea. 2008; 944-948.
- [3] Baradan B. Building material-II. Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Publications; 1997
- [4] Gül M. Investigation of the use of waste plastics and PET as lightweight aggregate concrete [Master's Thesis], Elazığ: Fırat University; 2018.
- [5] Gökçe HS. Investigation of usability of raw and expanded perlite in lightweight concrete production [Master's Thesis], Ankara: Gazi University; 2010.
- [6] Ünal O, Uygunoğlu T. Usage of diatomite in lightweight concrete production. Chamber of Civil Engineers Tech. Journal. 2007; 1: 4025-4034.
- [7] Hama SM, Hilal NN. Fresh properties of self-compacting concrete with plastic waste as partial replacement of sand. Inter. J. Sust. Built Env. 2017; 6(2): 299-308.
- [8] Altoubat S, Junaid MT, Leblouba M, Badran D. Effectiveness of fly ash on the restrained shrinkage cracking resistance of self-compacting concrete. Cem. and Conc. Comp. 2018;79: 9-20.
- [9] Huang F, Li H, Yi Z, Wang Z, Xie Y. The rheological properties of self compacting concrete containing superplasticizer and air-entraining agent. Const. and Build. Mater. 2018; 166: 833-838.
- [10] Güneyisi E, Gesoğlu M. Self-compacting mortars consisting of fly ash and metacaoline. 2. Symposium of Chemical Additives in Buildings. Ankara; 2007. p. 161- 172.
- [11] Matos PR, Foiato M, Prudencio LR. Ecological, fresh state and long-term mechanical properties of high-volume fly ash high-performance self-compacting concrete. Const. and Build. Mater. 2019; 203: 282-293.
- [12] Abdalhmud JM, Ashour AF, Sheehan T. Long-term drying shrinkage of self-compacting concrete: Experimental and analytical investigations. Const. and Build. Mater. 2019; 202: 825-837.
- [13] Benaicha M, Alaoui H, Jalbaud O, Burtchell Y. Dosage effect of superplasticizer on self-compacting concrete: correlation between rheology and strength. J. Mater. Res. and Tech. 2019; 8(2): 2063-2069.
- [14] Leung HY, Kim J, Nadeem C, Jaganathan J, Anwar MP. Sorptivity of self-compacting concrete containing fly ash and silica fume. Const. and Build. Mater. 2016; 113: 369-375.
- [15] Özdemir M, Öztürk NU. Utilization of clay wastes containing boron as cement additives, Cem. and Conc. Rese. 2003; 33 (10): 1659-1661.
- [16] Elbeyli Y, Kalpaklı Y, Gülen J, Pişkin M, Pişkin M. Utilization of borax waste as an additive in building brick production, International Boron Symposium. Eskişehir: 2004. p. 23-25.
- [17] Çağlar A. Experimental research on improvement with boron waste additive of properties of blend brick used in traditional Kastamonu houses. [Doctoral Thesis], Konya: Selçuk University; 2018.
- [18] Sağlık A, Sümer O, Tunç E, Kocabeyler MF, Çelik RS. Boron modified active belite (BAB) cement and its applicability for DSI projects, DSI Technical Bulletin. 2009; 105: 1-22.
- [19] Şahin M. An investigation on the effect of boric acid addition on brick production. [Master's Thesis], Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe University; 2009.
- [20] Akyıldız A. Investigation of usability of boric waste as a pozzolanic material in production of concrete. [Doctoral Thesis], Hatay: Namık Kemal University; 2012.
- [21] Evcin A, Ersoy B, Çiftçi H. Utilization of marble and boron waste in brick products, Int. J. Comp. and Exp. Sci. and Eng. 2019; 5(1): 19-22.
- [22] Çelik AG, Depçi T, Kılıç AM. New lightweight colemanite-added perlite brick and comparison of its physicomaterial properties with other commercial lightweight materials. Const. and Build. Mater. 2014; 62: 59-66.
- [23] TS EN 197-1. Cement- Part 1: Compositions and conformity criteria for common cements. Turkish Standards Institute; 2012, Ankara.
- [24] Efnarc. The European guidelines for self-compacting concrete specification, production and use. Self-Compacting Concrete European Project Group. 2005.



Rainwater Harvesting Potential in Public Buildings: A Case Study in Katip Celebi University

Hadia HAJJAR¹, İsmet Kaan KILINÇ¹, Erman ÜLKER^{1*}

¹ Izmir Katip Celebi University, Faculty of Architecture and Engineering, Civil Engineering, Izmir, Türkiye

Hadia HAJJAR ORCID No: 0000-0002-5968-4457

İsmet KILINÇ ORCID No: 0000-0003-1305-4457

Erman ÜLKER ORCID No: 0000-0001-9279-7288

*Corresponding author: erman.ulker@ikcu.edu.tr

(Alınış: 28.04.2020, Kabul: 23.09.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Keywords

Rainwater
Harvesting,
Rainfall,
Public
Buildings,
Green
Buildings

Abstract: Due to environmental pollution, population growth, climate change, industry development, and uncontrolled water consumption, the amount of usable water is running out. So, Municipalities are forced to find alternative water sources. For this reason, rainwater harvesting again gains interest among researchers, engineers, etc. In this study, the determination of the rainwater harvesting potential in Izmir Katip Celebi University is studied. The data from the flowmeters installed in the men-women toilets in the central classrooms are recorded, and the catchment area is calculated. According to the data, the amount of rainwater to be collected can meet water use in the toilets flushing. The study shows that the implementation of the rainwater harvesting system in public buildings will contribute to reducing bill costs. Therefore the drinking water resources will be used more efficiently.

Kamu Binalarındaki Yağmur Suyu Hasat Potansiyeli: Katip Çelebi Üniversitesi Saha Çalışması

Anahtar Kelimeler

Yağmur
Suyu Hasadı,
Yağış,
Kamu
Binaları,
Yeşil Binalar

Öz: Çevre kirliliği, nüfus artışı, iklim değişikliği, sanayi gelişimi ve kontrolsüz su tüketimi nedeniyle günümüzde kullanılabilir su miktarı tükenmektedir. Böylece, Belediyeler alternatif su kaynakları bulmak zorunda kalmaktadır. Alternatif su kaynaklarından biri olan Yağmur Suyu Hasadı araştırmacılar ve mühendisler arasında tekrar ilgi çeken konular arasına girmiştir. Saha çalışması olarak İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesinin Yağmur Suyu Hasadı analizleriyle su potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Merkezi sınıflarda erkek-kadın tuvaletine takılan sayaçların verileri toplanmış ve hasat alanı hesaplanmıştır. Verilere göre, toplanacak yağmur suyu miktarı tuvaletlerin su kullanımını karşılayabilmektedir. Bu çalışma, kamu binalarında Yağmur Suyu Hasadı sisteminin uygulanmasının çevresel ve ekonomik katkıda bulunacağını, böylece içme suyu kaynaklarının daha verimli kullanılacağını göstermektedir.

1. INTRODUCTION

Due to environmental pollution, population growth, climate change, industry development, and uncontrolled water consumption, the amount of usable water is running out. Drinking and daily use waters obtained from freshwater and groundwater resources on the surface are decreasing day by day. Groundwater height decreases more than 1 meter annually worldwide Quayyum et al. [1]. Moreover, it is stated that human beings can only use 3% of the water on Earth Novak et al., [2]. 70% of the usable water resources that we can use are utilized in agricultural areas. Due to the clustering of the country's population in metropolitan

cities, municipalities have sought different resources to meet their water needs. In this context, water transport from out of town water basins is one of today's most popular applications. This design, which is a good alternative for today, is expected to have adverse effects on climate, ecology, and economy shortly. For these reasons, the search for alternative water resources continues. The rainwater harvest (RWH), the ancient water collection technique, started to attract interest in the scientific era and became cost-efficient by the developing economic conditions. The collection, storage, and use of rainwater from roofs is a simple method to reduce the demand for public water resources and waste treatment facilities. It is suitable for various services such as toilet flushing, garden irrigation, and laundry

without intensive filtering. The capacity of the rainwater tank is significant both economically and operationally Fewkes. A. [3]. RWH systems have three objectives: to deliver water as a strategic response to urban growth; to meet the highest percentage of rainwater demand from a building or neighborhood on a design scale; to achieve the economic, environmental, and social results of the water system.

The fact that rainwater harvesting has turned into an increasing field of the study reveals that the countries with water shortage will increase and become a thought-provoking dimension. Aküzüm et al. [4] pointed out that the need for water increases with the increase of population and technology; therefore, water ecosystems' pollution increases, and now it is necessary to develop new water resources. From the climatic models, it has been observed that most countries may experience water shortage in 2030, and severe water shortage may occur for half of them Lehner et al. [5], Konukcu et al. [6], Öktem [7]. Helmreich and Horn [8] explained that water scarcity is a problem for many developing countries, rainwater is a potential source of drinking water according to the intensity of rainfall, and rainwater collection system can supply water suitable for agriculture and domestic use. It was also emphasized that slow sand filtration and solar technology is the method of reducing pollution for the treatment of rainwater and membrane technology can be a potential disinfection technique for a safe drinking water supply. Morales-Pinzon et al. [9] aim to contribute to urban water planning for smart city development in modeling using a commercial computer program. As a result of the study, it was found that the urban analysis scale was related to rainwater supply, rainwater utilization rate, economic cost, and ecological impact. The use of economic and environmental indicators can make the optimal size of a rainwater tank more restrictive compared to results related to meeting rainwater demand. Pelak and Porporato [10] have developed a formulation for optimum cistern volume that includes fixed and distributed costs of an RWH system to ensure domestic, non-potable uses, taking into account the random nature of the amount and intensity of the Rainfall. Recently, Eren et al. [11] investigated the potential of rainwater harvesting of Sakarya University. They determined the water need that can be met by using rainwater rather than economic analysis. In the financial analysis of rainwater harvesting systems, the study aims to evaluate the location and annual rainfall. Also, water price increase rates should be taken. These are the essential parameters of RWH economic analysis.

In this study it was aimed to determine the potential rainwater harvest by analyzing Izmir Kâtip Çelebi University. According to the General Directorate of Meteorology statistics, the annual amount of rainfall in Izmir between 1938 and 2016 is 697.0 mm. According to academic sources, the regions where the average rainfall is higher than 300 mm are considered suitable for applying rainwater collection systems. The rainwater obtained can be used in various areas such as toilet flushing, toilet sinks, and irrigation. This study's results may lead to significant gains in both the economic and

ecological aspects of public structures.. The principles of the planning, design, collection, storage, and discharge systems were studied according to the rainwater harvesting regulation that declares by the Ministry of Environment and Urbanization [12].

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Water Resources in Izmir

According to the Turkish Statistical Institute (TurkStat), the average quantity of water per person per day is 217 liters, while in Izmir, the daily amount of water is 173 liters per person [13]. As significant surface water of Izmir, three rivers – Kucuk Menderes, Bakircay, and Gediz – , lakes – three natural, twelve dam lakes – can be named. Municipality of Izmir uses those water resources in account with underground springs for supplying drinking water, industrial and agricultural utilities. Izmir is a metropolitan city, and water demand increases gradually day by day. Therefore, it is inevitable to look for alternative water resources. Like another metropolitan, Izmir also has several public facilities such as universities, town halls, directories, etc. In those places, most of the water consumption is for toilet flushing and irrigation purposes. For this reason, the rainwater harvesting system can be the right choice for alternative resources due to low filtering and its economic aspect. Using rainwater in public facilities relieves the present pressure on Municipalities to supply enough water to the community.

2.2 Precipitation in Izmir

The region of Izmir has a typical Mediterranean climate due to its geographical location in western Turkey. There are severe differences in the distribution of precipitation by month and season in Izmir, but the average annual rainfall from 1938 to 2019 is 711.1 mm. More than 50 percent of the annual precipitation falls in the winter season while in spring and autumn seasons 40 to 45 percent, and 2 to 4% in the summer season. According to the General Directorate of Meteorology statistics, the maximum and minimum average precipitation is 144.3 mm in December and 4.1 mm in July, respectively. The maximum and the minimum number of rainy days are 12.8 days in December and 0.5 days in July. Both pieces of information are shown graphically in Figures 1 and 2 [14].

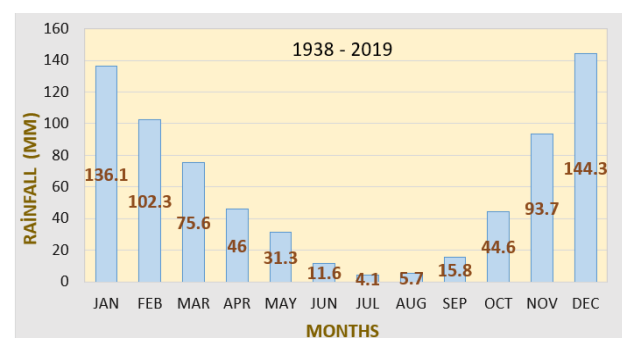


Figure 1. The average monthly precipitation in Izmir (mm) [14]

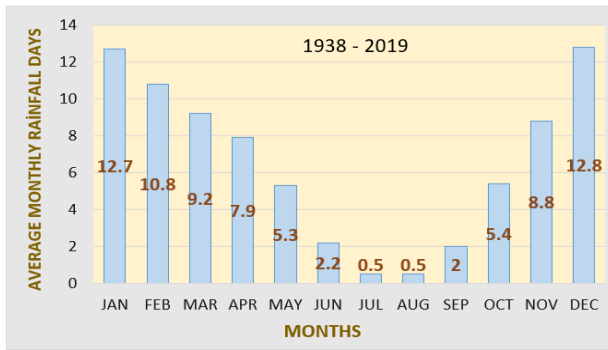


Figure 2. The average monthly rainy days in Izmir [14]

2.3 Roof Shape and Area Calculation

Rainwater harvesting is a system that collects rainwater from the rooftop and stores it in a large cistern. The crucial parameters that affect its efficiency are precipitation, surface – area, materials, runoff coefficients, etc. – the necessary volume of a cistern. The roof type of the studied building is a pitched roof, so the roof area can be calculated by dividing the building's width into right-angled triangles. Mathematical calculations will determine the surface area applied to the triangles. The technical drawings in AutoCAD obtain the size of the flat roof. The catchment surface can be determined by collecting the horizontal surface area, half of the vertical height area, and half of the adjacent wall area [15]. Area of ABCD = roof plan ABC'D' + 1/2* beveled surface CDC'D' + 1/2* side wall ADE (Figure 3).

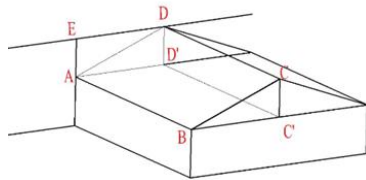


Figure 3. Drawing for Roof Area Calculation [15]

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the rainwater harvesting potential is determined based on the total roof area, the average annual rainfall, and the runoff coefficient, which is related to the roof's material. After assessing the potential of the studied rooftop, the water demand of the building should be determined. In the present study, the network system in the basement of the building was examined to measure water quantity used in the toilet reservoir. As a result of the examination, there are two different lines, one leading to the hand sinks and the other leading to the toilet closets. There are two types of flush systems in the study area: pull handles and push-buttons with 9 liters. The flowmeters are connected to the water lines that go to the reservoirs to obtain the daily and weekly measurements. This process was applied separately for male and female toilets to determine optimal divergence. The total number of male and female toilets is 24 in the building. Measurements were taken from two toilets – male and female – and interpolated for the other toilets. Figure 4 shows the flowmeter, which is used in the toilet pipeline.



Figure 4. Used flowmeter in the toilet

3.1. Catchment Area Calculation Using Pitched Roof

The rooftop area was calculated by including the slope using two sections of roof plans. The result gives the roof area that is used for harvesting. The images are added in 2 sections to understand the calculation step by step (Figures 5,6).

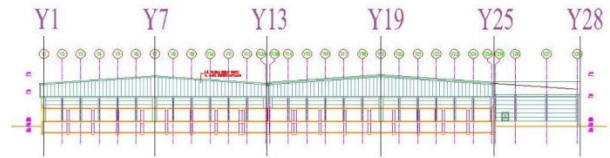


Figure 5.1st Section of Central Classes in Izmir Katip Celebi University

Area Y1 → Y7 = roof plan ABC'D' + 1/2* beveled surface CDC'D' + 1/2* side wall ADE

$$ABC'D' = 27.375 * 55.43 = 1517.39625 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} CDC'D' = \frac{1}{2} * 1.9163 * 55.43 = 53.11 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} ADE = \frac{1}{2} * 27.375 * 1.9163 = 26.229 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Area Y1} \rightarrow \text{Y7} &= 1517.39625 + 53.11 + 26.229 \\ &= 1596.735865 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Area Y1} \rightarrow \text{Y13} = 1596.735865 * 2 = 3193.47173 \text{ m}^2$$

$$\text{Area Y13} \rightarrow \text{Y25} = \text{Area Y1} \rightarrow \text{Y13} = 3193.47173 \text{ m}^2$$

Area Y25 → Y28:

$$ABC'D' = 20.45 * 55.43 = 1133.5435 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} CDC'D' = \frac{1}{2} * 1.4465 * 55.43 = 40.08975 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} ADE = \frac{1}{2} * 20.45 * 1.4465 = 14.79 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Area Y25} \rightarrow \text{Y28} &= \text{roof plan } ABC'D' + \frac{1}{2} \text{ beveled surface} \\ &\quad CDC'D' + \frac{1}{2} \text{ side wall ADE} \end{aligned}$$

$$\text{Area } Y25 \rightarrow Y28 = 1133.5435 + 40.08975 + 14.79 \\ = 1188.42 \text{ m}^2$$

$$\text{Total area } Y1 \rightarrow Y28 = 3193.47173 + 3193.47173 + \\ 1188.42 = 7575.36346 \text{ m}^2$$

$$\text{Symmetrically, on the right total area } Y1 \rightarrow Y28 = \\ 7575.36346 \text{ m}^2$$

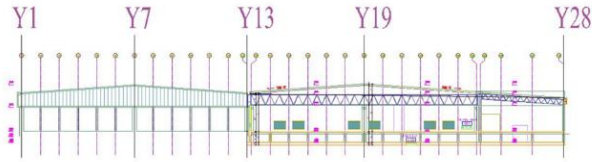


Figure 6. 2nd Section of Central Classes in Izmir Katip Celebi University

No area $Y1 \rightarrow Y13$

$$\text{Area } Y13 \rightarrow Y19: \text{Percent slope} = 7\% ; 0.07 = \frac{2.556}{x} \\ \rightarrow x = 36.514 \text{ m}$$

$$ABC'D' = 36.514 * 256.7742 = 9375.85314 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} CDC'D' = \frac{1}{2} * 2.556 * 256.7742 = 328.15743 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} ADE = \frac{1}{2} * 2.556 * 36.514 = 46.664892 \text{ m}^2$$

Area $Y13 \rightarrow Y19 =$ roof plan $ABC'D' + \frac{1}{2}$ beveled surface $CDC'D' + \frac{1}{2}$ side wall ADE

$$\text{Area } Y13 \rightarrow Y19 = 9375.85314 + 328.15743 + \\ 46.664892 = 9750.675462 \text{ m}^2$$

$$\text{Area } Y19 \rightarrow Y28: \text{Percent slope} = 7\% ; 0.07 = \frac{3.2382}{x} \rightarrow \\ x = 48.0014 \text{ m}$$

$$ABC'D' = 48.0014 * 256.7742 = 12325.52108 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} CDC'D' = \frac{1}{2} * 3.2382 * 256.7742 = 415.74311 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} ADE = \frac{1}{2} * 3.2382 * 48.0014 = 77.71907 \text{ m}^2$$

Area $Y19 \rightarrow Y28 =$ roof plan $ABC'D' + \frac{1}{2}$ beveled surface $CDC'D' + \frac{1}{2}$ side wall ADE

$$\text{Area } Y19 \rightarrow Y28 = 12325.52108 + 415.74311 + \\ 77.71907 = 12818.98326 \text{ m}^2$$

There are six gaps in the middle of the building, the total area of spaces = 2014.112 m^2

By deletion the gaps area from building: $Y19 \rightarrow Y28$

Area $Y19 \rightarrow Y28$ without gaps:

$$= 12818.98326 - 2014.112 = 10804.87126 \text{ m}^2$$

$$\text{Total effective catchment area} = (7575.36346 * 2) + \\ 10804.87126 = 25955.6056 \text{ m}^2$$

3.2. Maximum Rainwater Supply

The volume of harvestable rainwater from the campus rooftop is calculated using Gould and Nissen [16] Formula 1:

$$S = R \times A \times C_r \quad (1)$$

where S is rainwater harvesting potential, A is catchment area in m^2 , R is monthly rainfall in mm, and C_r is the runoff coefficient. The runoff coefficient is taken into account because not all the falling water on a rooftop surface area can be collected; the roof type in this study is metal roofing. Therefore, C is taken as 0.9. Interested readers can find the runoff coefficient for other materials roofing in Table 1. Using Gould and Nissen's formula, the potential rainwater harvesting amount is calculated for each month in Table 2.

Table 1. Coefficient of Runoff for different Roof Types [17]

Type of Roof	Runoff Coefficient
Galvanized Iron Sheet	0.90
Asbestos Sheet	0.80
Tiled Roof	0.75
Concrete	0.70

Table 2. Monthly amounts of harvestable rainwater

Central Classes Monthly Rainfall (1938 - 2019)	Total Catchment Area m^2 (A)	Average Monthly Rainfall mm (B)	Runoff Coefficient C	Rainwater Supply m^3 (A × B × C)
January	25955.6	136.1	0.9	3179.30
February	25955.6	102.3	0.9	2389.73
March	25955.6	75.6	0.9	1766.02
April	25955.6	46	0.9	1074.56
May	25955.6	31.1	0.9	726.50
June	25955.6	11.6	0.9	270.98
July	25955.6	4.1	0.9	95.78
August	25955.6	5.7	0.9	133.15
September	25955.6	15.8	0.9	369.09
October	25955.6	44.6	0.9	1041.86
November	25955.6	93.7	0.9	2188.84
December	25955.6	144.3	0.9	3370.85
Annual Rainfall	25955.6	710.9	0.9	16606.65

3.3 Water Demand

The main campus classrooms' water demand is met from the local water distribution network operated by the Municipality. Several buildings construct the university. However, the building with laboratories and classrooms was selected in this study due to most water consumption. The university has a total of 13438 students, and they are populated in this chosen building. The flowmeters were installed for sinks and toilet-urinals of the men and women toilet in the main campus center to measure their water consumption. Data of one toilet were obtained daily for a month. There is no significant deviation between days. When it is noticed, it is started to be collected weekly throughout the semester. The average weekly demand is 12.62 tons of water. The total number of academic weeks is 14 weeks in one semester and six weeks for the summer semester, so the total water demand throughout the year for 24 toilets is estimated at 10,297.92 tons of water. Total water demand was obtained through multiplying the average weekly need of all the toilets by the number of academic

weeks. The weekly average water consumption in toilet flushing and hand washing in male toilets are 17.46 and 0.92 tons of water.

On the other hand, in the female toilets, the values are 5.87 and 0.99 tons of water. As can be seen, the majority of the water used is in toilet flushing. Water used in toilet flushing is needed low process of filtering and disinfection compared to handwashing or tap water usage. Therefore, it is only toilet flushing consumption taken into account in this study. The average water consumption throughout a year for toilet flushing is 10,297.92 tons of water in the central classroom.

4. CONCLUSION

Rainwater harvesting system is a very cost-effective solution for public facilities such as municipal buildings, schools, hotels, hospitals, restaurants, and other such, that is due to their large surface area. The amount of precipitation in Turkey is the essential impulse that boosted the thought of setting up the rainwater harvesting systems in all the facilities, whether public or private. The plumbing, pumping, and electricity costs for the rainwater harvesting system in single-story buildings are fewer than such required in multi-story buildings.

This study was conducted in one single-story building - the main campus center of classes in Izmir Katip Celebi University - which its surface area was found sufficient to meet their toilet flushing needs. The savings of the rainwater harvesting system were assessed by the economic analysis that proves the worth of the implementation of rainwater harvesting systems in Turkey's universities and public buildings.

The implementation of the rainwater harvesting system on the campus will contribute to reducing bill costs, and therefore the water resources will be used more efficiently for avoiding future risk. The most suitable structures, where rainwater harvesting systems can be utilized, are public buildings. The water demand has been determined by installing the flowmeter for sinks and toilet-urinals of the men and women toilet in the main campus' center of classes. Observation of water consumption in both toilet flushing and sink usage shows that toilet flushing takes a major portion of the consumption. Therefore, it is more economical and efficient to focus only on flushing toilet consumption throughout the year. The average water consumption throughout a year for toilet flushing is 10,297.92 tons of water in the central classroom. Calculation of rainwater harvesting from rooftop shows that the potential water harvesting from precipitation is 16,606.65 tons of water. If the first flushing, and the overflow due to lack of cistern volume are taken into account, the potential harvesting water can only sustain toilet flushing demand. According to Izmir Municipality, the water price is 7.47₺ in the third quarter of 2020; therefore, the average annual of savings is estimated at 76,926.00₺. In addition to excess annual savings that can be used for irrigation purposes that are about 471128.00₺. The rainwater harvesting system's cost depends on the number of

cisterns, pumps, filters, and the electricity to operate, so the average initial cost of the rainwater harvesting system in the building was estimated at 248,880.00₺. This system can pay back in around two years in the current situation, which is a reasonable return rate for investors such as government or self constructor. This study shows an excellent start to harvest rainwater in public buildings for both economic and environmental aspects.

ACKNOWLEDGMENT

This work was sponsored by Scientific Research and ProjectCoordinatorship, Izmir Katip Celebi University, under Grant No. 2019-TYL-FEBE-0011.

REFERENCE

- [1] Quayyum, SH., Rahman, Md. M. Sustainable Water Supply in Dhaka City: Present & Future. Conference of The Japan Science And Technology Agency, At Bangkok, Thailand, March 2008.
- [2] Novak, C. A., Van Giesen, E., & DeBusk, K. M. Designing rainwater harvesting systems: integrating rainwater into building systems. John Wiley & Sons; 2014.
- [3] Fewkes. A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. *Urban Water*. 2000;1(4), 323-333. doi:10.1016/s1462-0758(00)00026-1.
- [4] Aküzüm, T. Çakmak, B. Gökalp, Z. Dünyada su ve yaklaşan su krizi, 2. Ulusal Sulama Kongresi, 16-19 October 2003. Kuadası-Aydın; 2003. p. 145-155.
- [5] Lehner, B., Henrichs, T. Döll, P., Alcamono, J. EuroWasser – Model-based assessment of European water resources and hydrology in the face of global change. *Kassel World Water Series 5*, Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany 2001.
- [6] Konukcu, F. stanbulluolu, A. Kocaman, . Albut, S. Gezer, E. Küresel Su Krizi: Bugünü, Geleceği ve Önlenibilme mkânları, Küresel Su Krizinin Boyutları, Türkiye ve Dünya Perspektifi, Sulama Sektörü Derneği, SUSED Yayın No:1. 2007.
- [7] Öktem, A.U [Internet]. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. İstanbul: Ofset yapımevi; 2014. Available from:<http://awsassets.wftr.panda.org/downloads/turkiyenin-su-riskleri-raporu-web.pdf>.
- [8] Helmreich, B., & Horn, H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*. 2008;248(1-3), 118-124. doi 10.1016/j.desal.2008.05.046.
- [9] Morales-Pinzón, T., Rieradevall, J., Gasol, C. M., & Gabarrell, X. Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. *Journal of Cleaner Production*. 2015; 87, 613-626. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.10.021.

- [10] Pelak, N., & Porporato, A. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. *Journal of hydrology*. 2016; 541, 1340-1347. doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.08.036.
- [11] Eren, B., Aygün, A., Likos, S., & Damar, A. İ. Yağmursuyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*. 2016;1(1), 1-5.
- [12] Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik (T.C. Resmi Gazete, 12 Haziran 2017, sayı: 30105).
- [13] TMMOB çevre mühendisleri odası [Internet]. Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu; Haziran2019. Available from: http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/10504079d7e9ced_ek.pdf?tipi=72&tuuru=X&sube=0
- [14] General Directorate of Meteorology [Internet]. Average of Monthly precipitation; 2019. Available from: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IZMIR>
- [15] S.A. Haq, PEng, *Harvesting Rainwater from Buildings*, Springer, Cham; 2017. p. 87.
- [16] Gould, J. and Nissen-Petersen, E. *Rain Water Catchment Systems for Domestic Supply*, International Technology Publications, United Kingdom;1999.
- [17] AFPRO. Undated. *Manual on Construction and Maintenance of Household Based Rooftop Water Harvesting Systems*. Report prepared by AFPRO (Action for Food Production) for UNICEF.



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

www.dergipark.gov.tr/tdfd



TBDY 2018 Basitleştirilmiş Tasarım Kurallarının Taban Kesme Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi

Bilal BALUN^{1*}, Ömer Faruk NEMUTLU², Ali SARI³

¹ Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Mimarlık Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Bilal BALUN ORCID No: 0000-0003-0906-4484

Ömer Faruk NEMUTLU ORCID No: 0000-0001-7841-3911

Ali SARI ORCID No: 0000-0002-6888-1276

*Sorumlu yazar: bbalun@bingol.edu.tr

(Alınış: 08.06.2020, Kabul: 15.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar

Kelimeler

TBDY 2018,

DBYBHY

2007,

Deprem

tasarım sınıfı,

Taban kesme

kuvveti,

Basitleştirilmiş

tasarım

kuralları

Öz: Depremlerin yıkıcı etkileri deprem tasarım kurallarını içeren yönetmeliklerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Geçmişten günümüze ülkemizde can ve mal kaybına sebep olan birçok deprem meydana gelmiştir. Deprem yönetmelikleri depremlerin yıkıcı etkilerini azaltmak için kullanılırken günümüz tasarım anlayışına da cevap vermelidir. 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018), 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğine (DBYBHY 2007) göre içerik ve kapsam bakımından değişikliğe uğramıştır. 2018 deprem yönetmeliğine eklenen bölümlerden biri de düzenli yerinde dökme betonarme binalar için basitleştirilmiş tasarım kurallarıdır. Bu bölüme göre belirli tasarım sınırları içerisinde kalma koşuluyla, basitleştirilmiş hesap esasları kullanılarak yapıların deprem karşı tasarımları karmaşıklığından sıyrılmaktadır. Bu çalışmada TBDY 2018 bölüm 17'de belirtilen iki farklı deprem tasarım sınıfı için basitleştirilmiş ve standart hesap yöntemlerine göre belirlenen bir yapının taban kesme kuvvetleri ETABS v18 programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Yerel zemin sınıfları ve bina yüksekliği bu bölümün sınırları içerisinde kalacak şekilde değişken olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda deprem tasarım sınıfının, yerel zemin sınıfının ve yapının kat sayısının basitleştirilmiş deprem hesabı ile standart deprem hesabı arasında fark oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Genel olarak basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetleri standart yöntem ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinden daha büyük değerler elde etmiştir.

Investigation of the Effect of TEC 2018 Simplified Design Rules on Base Shear Force

Keywords

TEC 2018,

TEC 2007,

Earthquake

design class,

Base shear

force,

Simplified

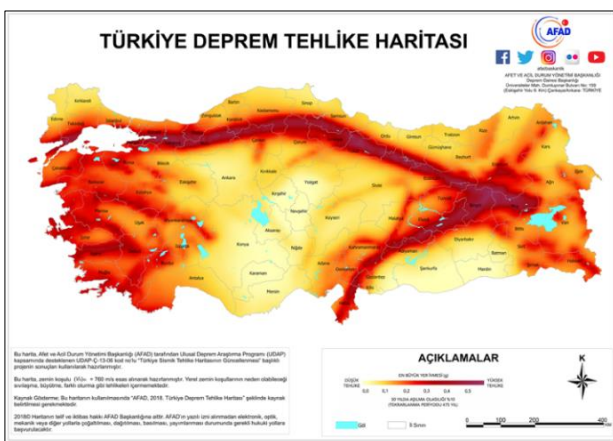
design rules

Abstract: The destructive effects of earthquakes necessitate the use of codes that include earthquake design rules. Many earthquakes that caused loss of life and property have occurred in Turkey from past to present. While earthquake codes are used to reduce the destructive effects of earthquakes, they should also respond to today's design approach. 2018 Turkey Earthquake Building Codes (TEC 2018) has changed the content and scope according to the 2007 earthquake codes (TEC 2007). One of the sections added to the 2018 earthquake code is the simplified design rules for regular on-site cast reinforced concrete buildings. According to this section, using the simplified calculation principles, the earthquake-resistant designs of the buildings stand out from the complexity, provided that they remain within certain design limits. In this study, the base shear forces of a building determined according to standard calculation methods are compared for two different earthquake design classes specified in TEC 2018 part 17 by ETABS v18 software. Local floor classes and building height have been determined as variables to be within the boundaries of this section. As a result of the analysis, it was revealed that the earthquake design class, the local ground class and the number of floors of the building make a difference between the simplified earthquake calculation and the standard earthquake calculation. In general, the base shear forces obtained from the simplified calculation have obtained greater values than the base shear forces obtained by the standard method.

1. GİRİŞ

Depremler can ve mal kayıplarına yol açabilecek doğal afetlerden olup ülkemiz sismik aktivitelerden ötürü geçmiş yıllarda bu gerçeklerle karşılaşmak durumunda kalmıştır. Türkiye, dünyadaki en önemli deprem kuşaklarının (Alp-Himalaya veya Akdeniz çevresi deprem kuşağı) bulunduğu bölgede yer alırken geçmişte meydana gelen yıkıcı depremler ülkemizdeki deprem tehlikesini ortaya koymaktadır [1]. Depremler genellikle yer kabuğunun hareketleri sonucunda oluşmaktayken fayın özellikleri ve zemin durumu gibi parametreler depremlerin yıkıcılığını etkilemektedir. Bunun yanında depreme dayanıklı tasarım ilkeleriyle inşa edilmeyen yapılar ciddi can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir [2,3]. Bu amaçla depreme dayanıklı tasarım için yönetmelikler oluşturulmuştur. Türkiye’de 1940’tan 2018’e kadar belirli zaman aralıklarında deprem yönetmelikleri yürürlüğe girmiştir [2,4,5]. En güncel deprem yönetmeliğimiz 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğidir (TBDY 2018) [6] ve 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmeliğin (DBYBHY 2007) [7] yerini almıştır. 2007 deprem yönetmeliği küçük çaplı değişiklikler dışında 1998 deprem yönetmeliği [8] ile benzerlik göstermektedir. 2018 deprem yönetmeliği uzun bir sürenin sonunda yenilenirken bir önceki deprem yönetmeliğimiz depreme dayanıklı tasarım açısından günümüz mühendislik alanındaki gelişmelerden uzak kalmıştır [9].

TBDY 2018’de deprem bölgeleri kavramı yerine deprem tasarım sınıfları kullanılmış ve deprem yer hareketleri tehlike haritaları ile tanımlanmıştır (Şekil 1) [10,11]. Koordinata dayalı deprem verilerinin paylaşıldığı Türkiye Deprem Tehlike Haritalarına interaktif web uygulaması üzerinden erişilebilmektedir [12]. Etkin yer ivmesi kavramının yerini, kısa ve 1,0 periyotlara karşılık gelen ivmeler almıştır.



Şekil 1. Türkiye deprem tehlike haritası [11]

TBDY 2018’in, 2007 deprem yönetmeliğine göre kapsamı genişlemiş ve yönetmelikte birtakım iyileştirmeler yapılmıştır. Ön üretilmiş betonarme, hafif çelik, ahşap ve yüksek binalar hakkında depreme dayanıklı tasarım kuralları ilave olarak verilmiştir. Ayrıca depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından günümüzde önem kazanan deprem etkisi altında yalıtımlı

binalar da ayrı bir bölüm olarak yönetmelikte yer almıştır. Bunların yanında bu çalışmanın da konusu olan TBDY 2018 bölüm 17’de düzenli yerinde dökme betonarme binalar için basitleştirilmiş tasarım kuralları ele alınmıştır. Bu bölüm sadece Bina Kullanım Sınıfı (BKS) 3 olan (konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.) betonarme binalar için geçerli olup basitleştirilmiş hesabın uygulanabileceği yapıları boyutsal olarak sınırlandırmıştır. Bunun yanında bu kurallar çerçevesinde kalan yapılarda kullanılacak malzemeler ve Bina Yükseklik Sınıfları (BYS) belirlenmiştir.

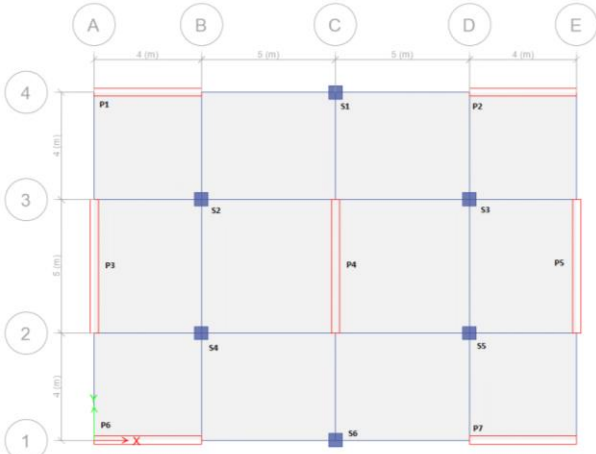
Bazı çalışmalarda depreme dayanıklı tasarım hesap yöntemleri incelenirken birçok çalışmada da TBDY 2018 ile DBYBHY 2007 arasındaki farklılıklar incelenmiştir [2,3,9,13-17]. Farklı zemin sınıflarının yapıların depreme karşı davranışına etkisinin incelendiği çalışmalar da literatürde mevcuttur [3,18]. Keskin ve Bozdoğan [3] yaptığı çalışmada, 2018 Türk deprem yönetmeliğine göre zemin sınıflarının taban kesme kuvvetlerine etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerel zemin sınıflarının taban kesme kuvvetlerini etkilediği tespit edilmiştir. TBDY 2018 bölüm 17’nin incelenmesi basitleştirilmiş tasarım kurallarının anlaşılmasına ve uygulamada yaşanabilecek sorunların ortadan kalkmasına yardımcı olacaktır. Deprem yönetmelikleri yürürlüğe girdikten sonra tasarım kurallarının anlaşılması ve tam anlamıyla hayata geçmesi biraz zaman alabilmektedir. Bu sebeple yapılacak olan literatür çalışmaları ve bilimsel toplantılar yönetmeliklerin daha iyi kavranmasına katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmanın amacı, TBDY 2018 yönetmeliğinde yer alan standart deprem yer hareketi spektrumu kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri ile bölüm 17’de tanımlanan basitleştirilmiş tasarım kurallarına göre elde edilen taban kesme kuvvetlerini, yönetmeliğin izin verdiği sınırlar içerisinde karşılaştırmaktır. Elde edilecek sonuçlar basitleştirilmiş hesabın elverişli ya da elverişsiz durumlarını belirlemeye ışık tutacaktır.

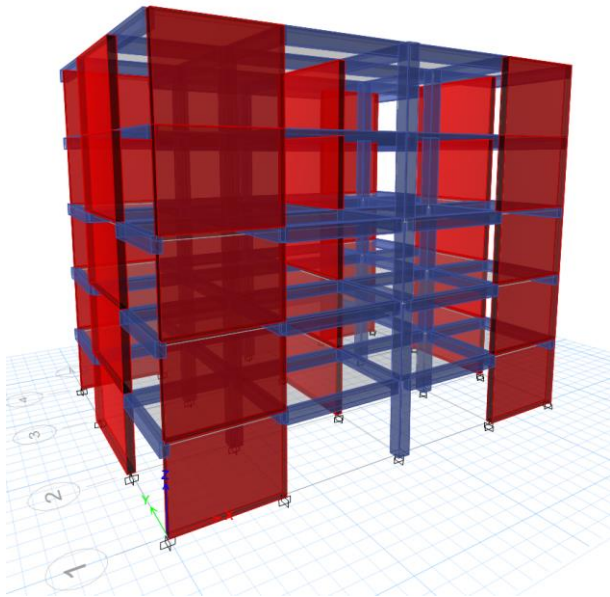
2. YÖNTEM

Bu çalışmada, aşağıda kat planı ve görünüşü (Şekil 2 ve 3) verilen yerinde dökme betonarme yapının, TBDY 2018’de yer alan 17. bölüm (Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları) ve yine aynı yönetmelikte yer alan standart deprem yer hareketi spektrumuna göre eşdeğer deprem yükü analizleri sonlu eleman tabanlı bir program olan ETABS v18 ile gerçekleştirilmiş ve taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla aşağıda verilen plan, 17. bölümün genel kuralları içerisinde kalacak şekilde tasarlanmıştır. TBDY 2018 bölüm 17 ile standart deprem yer hareketi düzeyine göre gerçekleştirilen deprem analiz sonuçlarını kıyaslamak için iki farklı deprem tasarım sınıfı (DTS=1, 2 ve DTS=3, 4), 3 farklı kat sayısı (3, 4 ve 5 kat) ve 5 farklı zemin sınıfı (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) kullanılmıştır. TBDY 2018’de belirtilen ve en kötü zeminleri ifade eden ZF yerel zemin sınıfı, sahaya özel davranış analizi gerektirdiği için

hesaplamlarda dikkate alınmamıştır [19]. Yapıların yüksekliği depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından dikkate alınması gereken bir unsur olduğundan dolayı farklı kat sayıları belirlenmiştir [19]. Yapının kat sayılarının yukarıda belirtildiği gibi olmasının nedeni 17. Bölümde DTS=1, 2 için BYS \geq 5 ve DTS=3, 4 için BYS \geq 6 olacak şekilde bina yüksekliklerinin sınırlandırılmış olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 1).



Şekil 2. Kat planı



Şekil 3. Yapının perspektif görünüşü

Tablo 1. BYS ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları [6]

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Yapının boyutsal tasarımı 17. Bölümün genel kuralları içerisinde kalacak şekilde gerçekleştirilmiştir. TBDY 2018 bölüm 17'de basitleştirilmiş tasarım hesabı yapılacak yapının taşıyıcı sistemi, süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler ile süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin birlikte kullanımından oluşması istenmektedir. Tasarımı yapılacak betonarme yapıda kullanılacak beton sınıfı C25 ile C50 arasında olmalı B420C veya S420 dışında donatı çeliği kullanılmamalıdır. Bu çalışmada C30 betonu ve S420 donatı çeliği kullanılmıştır. Çalışmada yapılan analizlerde tüm örnekler için sabit yük 1.5 kN/m^2 , hareketli yük ise 2.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. 17. Bölümde verilen yük kombinasyonlarında kar yükünün etki ettirildiği durumlarda, en üst kata etki ettirilen deprem yüküne dahil edilebileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada 17. Bölümde verilen kar yükünü içeren kombinasyonlar dikkate alınmadığı için kar yükü analizlerde ihmal edilmiştir. Eğer tasarlanacak yapı DTS=1 ve 2 ise yapıda süneklik düzeyi boşluksuz perde kullanılması zorunludur [6]. Bu çalışma için seçilen yapıda süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeve sistemi birlikte kullanılmıştır. TBDY 2018 bölüm 17'ye göre yapı planında uzun kenar 30 m'den, uzun kenarın kısa kenara oranı ise 4'ten fazla olmamalıdır. Çalışmada kullanılan planın uzun kenarı 18 m iken kısa kenarı 13 m'dir. Bir diğer boyutsal parametre ise yapının açıklıklarının sınırlandırılmasından meydana gelmektedir.

Yapımızın planda en büyük açıklığı 7,5 m en küçük açıklığı ise 3 m olmak zorundadır. Yapımızın kat yüksekliğinin 4 m'den fazla olmaması istendiğinden çalışmaya konu olan binanın kat yüksekliği 3 m olarak belirlenmiştir. Basitleştirilmiş tasarım esaslarında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise düzensizliklerdir. Bilindiği üzere TBDHY 2007 ve TBDY 2018'de düzensiz binalar planda (A1, A2 ve A3) ve düşeyde (B1, B2 ve B3) düzensizlik durumlarına göre incelenmektedir. TBDY 2018 bölüm 17'deki basitleştirilmiş tasarım esaslarına göre yerinde dökme betonarme yapının A2 (Döşeme süreksizlikleri), A3 (Planda çıkıntı bulunmaması), B1 (Zayıf kat) ve B3 (Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği) düzensizliklerine sahip olmaması gerekmektedir. Bu çalışmaya konu olan yapının A2, A3, B1 ve B3 düzensizlikleri bulunmamaktadır.

TBDY 2018 bölüm 17, yerinde dökme betonarme binaların basitleştirilmiş tasarımında düşey taşıyıcı elemanlarının boyutlandırılması için belirli yaklaşımlarda bulunmuştur. Çalışmada kullanılacak yapı süneklik düzeyi yüksek çerçeve ve perdelerden oluştuğu için TBDY 2018 17.3.2 maddesi dikkate alınmıştır. Bu bölüme göre kolonların enkesit alanları, eksenel basınç gerilmeleri ve yeterli kesme dayanımları göz önüne alınacak şekilde sınırlandırılmış ve aşağıda Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de sırasıyla verilmiştir. ΣA_{0i} , kolonun bütün katlar boyunca alan paylarının toplamını ifade etmektedir.

$$A_{ci} \geq 0.00012(g + q) \sum A_{oi} \quad (1)$$

$$A_{ci} \geq 0.0001S_{DS}(g + 0,3q) \sum A_{oi} \quad (2)$$

Bir diğer düşey taşıyıcı eleman olan perdelerin yeterli kesme dayanımına sahip olması istenmekte ve her iki deprem doğrultusu için toplam perde enkesit alanlarının toplamı ($\sum A_{wi}$) Eşitlik 3 ve 4'teki koşulu sağlaması gerekmektedir. $\sum A_{pi}$ bina kat alanlarının toplamını, $\sum A_{pt}$ ise bina taban alanını temsil etmektedir.

$$\sum A_{wi} \geq 0.0002S_{DS}(g + 0,3q) \sum A_{pi} \quad (3)$$

$$\sum A_{wi} \geq 0.0007S_{DS}(g + 0,3q) \sum A_{pt} \quad (4)$$

TBDY 2018'de yer alan bölüm 17.3'teki hesap esaslarına ve tasarım kurallarına göre çalışmaya konu olan yapının düşey taşıyıcı elemanları eksenel kuvvetler ve kesme dayanımları göz önüne alındığında yeterli enkesit özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

TBDY 2018 bölüm 17, taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit boyutlarını genel bir değerlendirme ile belirtmiştir. 17. bölümün 17.4 maddesinde kolon, kiriş ve perdelerin enkesit alt sınırları verilmiştir. Buna göre, kolonların en küçük enkesiti 30 cm x 30 cm boyutlarından oluşmalıdır. Kirişlerin genişliği en az 30 cm yüksekliği ise 50 cm olmalıdır. Perdelerin kalınlığı 25 cm'den ve perdenin plandaki uzunluğunun 1/25'inden az olmamalıdır. Yine aynı bölümde döşeme kalınlıkları için de sınır değerler verilmiştir. Buna göre, kirişli döşeme plak kalınlığı en az 15 cm olması gerekirken, dişli veya dolgu (asmolen) döşeme plak kalınlığı en az 70 mm olmalıdır. Çalışmadaki yapı, bütün enkesit koşullarını sağlamaktadır (Tablo 2).

Bu çalışmada kullanılan tasarım modellerine ait doğal titreşim periyodu ve yapı ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir. Yapının kat adedinin artmasıyla doğal titreşim periyodunun ve yapı ağırlığının büyüdüğü görülmektedir.

Tablo 2. Çalışmaya konu olan binanın taşıyıcı elemanlarının enkesit boyutları

Taşıyıcı eleman	b_x (cm)	b_y (cm)	Sınır değerler (TBDY 2018 Bölüm 17)
S01	50	50	En az 30 cm x 30 cm
S02	50	50	
S03	50	50	
S04	50	50	
S05	50	50	
S06	50	50	
P01	400	25	Perde kalınlığı uzunluğunun 1/25'inden ve 25 cm'den az olamaz En küçük perde uzunluğu > Bina yüksekliğinin 1/8'i (Zemin kattan itibaren)
P02	400	25	
P03	25	500	
P04	25	500	
P05	25	500	
P06	400	25	
P07	400	25	
	Genişlik (cm)	Yükseklik (cm)	
Kiriş	30	50	En az 30 cm x 50 cm
	Kalınlık (cm)		Kirişli plak en az 15 cm, dişli ve dolgu döşeme sistemi plak en az 70 mm
Döşeme		15	

Tablo 3. Tasarım modellerinin doğal titreşim periyotları ve yapı ağırlıkları

Kat Adedi	Doğal Titreşim Periyodu (sn)	Yapı Ağırlığı (kN)
3	0.12	7985.52
4	0.20	10501.05
5	0.28	13241.83

TBDY 2018 bölüm 17 basitleştirilmiş tasarım esasları kullanılacak yapının inşa edileceği lokasyon, iki farklı deprem tasarım sınıfını temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Buna göre, DTS=1, 2 için Bingöl ili (Enlem: 38,898536°, Boylam: 40,488724°), DTS=3, 4 için ise Kırşehir ili (Enlem: 39,148505°, Boylam: 34,172692°) AFAD'ın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması [12] kullanılarak seçilmiştir. Deprem tasarım sınıfları, deprem hareket düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlama periyodu 475 yıl olan depremler) için tanımlanan kısa periyot spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve BKS'ye göre belirlenmektedir. Deprem tasarım sınıfları TBDY 2018 bölüm 3.2'de verilmiştir (Tablo 4) [6].

Tablo 4. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) [6]

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Yapımız daha önceden belirtildiği gibi BYS sınırlandırmalarından ötürü 3, 4 ve 5 katlı olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Yapının plandaki boyutu 18,5 m ve 11,0 m'dir. TBDY 2018 17. bölümdeki basitleştirilmiş tasarım esaslarının sadece BKS=3 sınıfına giren yapılar için uygulanabileceğini belirtmiştir. BYS, TBDY 2018 17. bölümdeki sınırlandırmalar göz önüne alınarak belirlenmiştir [6]. 5 katlı bina için bina

yüksekliğimiz, DTS=1, 2 için BYS \geq 5 ve DTS=3, 4 için BYS \geq 6 koşulunu sağlaması gerektiğinden 15 m olarak seçilmiştir. DTS=1, 2 için BYS=6 ve DTS=3, 4 için BYS=7 koşulunu sağlaması gerektiğinden, 4 katlı bina için bina yüksekliğimiz 12 m seçilmiştir. DTS=1, 2 için BYS=7 ve DTS=3, 4 için BYS=8 koşulunu sağlaması gerektiğinden, 3 katlı bina için bina yüksekliğimiz 9 m olarak seçilmiştir (Tablo 1).

AFAD'ın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması [12] kullanılarak, kısa ve uzun spektral ivme katsayıları deprem tasarım sınıfları ve yerel zemin sınıflarına göre elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Kısa ve uzun periyot spektral ivme katsayıları

Deprem Tasarım Sınıfı	Yerel Zemin Sınıfı	S_{DS}	S_{D1}
DTS= 1, 2	ZA	1,281	0,336
	ZB	1,441	0,336
	ZC	1,921	0,630
	ZD	1,601	0,790
	ZE	1,281	0,991
DTS= 3, 4	ZA	0,158	0,054
	ZB	0,178	0,054
	ZC	0,257	0,102
	ZD	0,317	0,163
	ZE	0,475	0,286

TBDY 2018 17. bölümde, basitleştirilmiş yapısal çözümler için deprem etkilerinin hesabı her bir doğrultu için eş değer deprem yükü yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. TBDY 2018'de standart deprem yer hareketi spektrumuna göre yapılacak hesaplamalarda deprem yükü azaltma katsayıları yapının doğal titreşim periyodu (T) ve T_B köşe periyodu dikkate alınarak Eşitlik 5 ve 6'da belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I}, \quad T > T_B \quad (5)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B}, \quad T \leq T_B \quad (6)$$

Hesaba katılacak yapının taşıyıcı sistem durumuna, doğal titreşim periyodu ile T_B köşe periyodu arasındaki ilişkiye ve dayanım fazlalığı katsayısına göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı değişebilmektedir (Eşitlik 5 ve 6). Fakat basitleştirilmiş tasarım esaslarının belirtildiği TBDY 2018 17 bölümde deprem etkilerinin hesabı yapılırken deprem yükü azaltma katsayısının (R_a) 4 alınması zorunludur. Bu kavrama göre, basitleştirilmiş hesapta yapımızın standart deprem yer hareketi spektrumuna göre daha fazla deprem kuvvetleri alması beklenmektedir. Basitleştirilmiş hesaba göre, binaya etkiyecek toplam eşdeğer deprem yükü aşağıdaki eşitlikteki (Eşitlik 7) gibi belirlenir.

$$V_t = \frac{S_{DS}W}{R_a} \quad (7)$$

Yukarıdaki eşitlik, toplam eşdeğer deprem yükünün deprem doğrultusundan bağımsız olduğunu göstermektedir. Çünkü eşitlik içerisindeki S_{DS} değeri deprem doğrultusu ile değişmemektedir. Bunun yanında yapının ağırlığı değişmezken deprem yükü azaltma katsayısı da sabit değer alınmaktadır ($R_a=4$). Bu sebepten ötürü standart deprem hareketi spektrumundan elde edilen maksimum taban kesme kuvveti ile Eşitlik 7'den elde edilen taban kesme kuvveti kıyaslanmıştır.

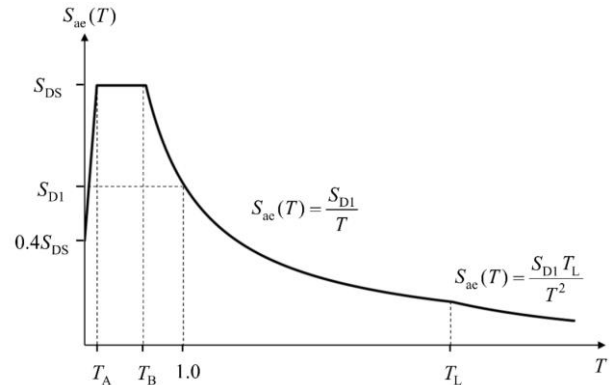
TBDY 2018 4. bölüme göre doğrusal deprem hesabında kullanılacak eşdeğer deprem yükü yönteminde herhangi bir deprem doğrultusu için toplam eşdeğer deprem yükü aşağıda verilen eşitlikteki (Eşitlik 8) gibi hesaplanır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (8)$$

Eşitlik 8'deki azaltılmış tasarım spektral ivmesi ($S_{aR}(T)$), yatay elastik tasarım ivmesi ($S_{ae}(T)$) ve deprem yükü azaltma katsayısına ($R_a(T)$) göre belirlenmektedir (Eşitlik 9).

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (9)$$

Eşitlik 9'daki yatay elastik tasarım spektrumu ($S_{ae}(T)$), yapının doğal titreşim periyodu ile yatay tasarım spektrumu köşe periyotları (T_A , T_B) ve sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu arasındaki ilişki kullanılarak aşağıdaki eşitliklerdeki (Eşitlik 10, 11, 12 ve 13) gibi hesaplanmaktadır. Yatay elastik tasarım spektrumu ile yapının doğal titreşim periyodu arasındaki ilişki Şekil 4'teki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4. Yatay elastik tasarım spektrumu [6]

$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (10)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (11)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{DS}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (12)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \quad (T \leq T_L) \quad (13)$$

Eşitlik 7 ve 8 arasındaki fark, yapıların üzerine gelecek toplam eşdeğer deprem yükleri arasındaki farkı temsil

etmekte olup farklı yapı sistemleri, deprem tasarım sınıfları ve yerel zemin sınıfları için yapıya etkiyecek taban kesme kuvvetleri arasındaki temel ilişkiyi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada incelenen yapının TBDY 2018'in iki farklı hesap yöntemine göre deprem hesabı yukarıda belirtilen esaslara göre yapılmış ve taban kesme kuvvetleri deprem tasarım sınıfı, yerel zemin sınıfı ve kat sayısı üzerinden değerlendirilmiştir. Standart tasarım ivme spektrumuna göre deprem hesabı TBDY 2018 4. bölümde belirtilen yatay elastik tasarım ivme spektrumu kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. TBDY 2018 17. bölümde belirtilen basitleştirilmiş tasarım hesabının deprem yükü hesabı Eşitlik 7'ye göre hesaplanmıştır.

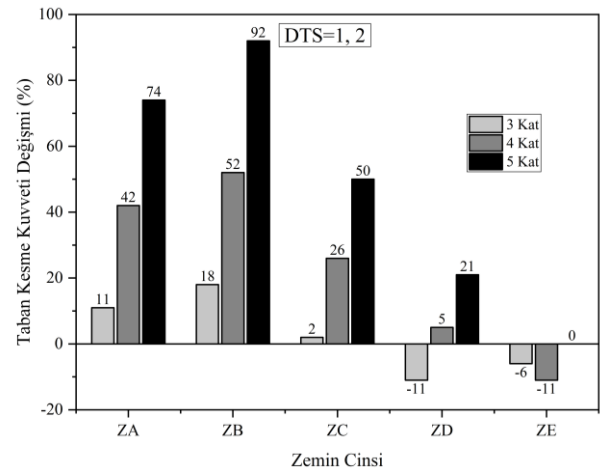
Bu çalışmada taban devirme momentleri, toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılmasıyla hesaplandığı için ve toplam eşdeğer deprem yükü değişiminden birebir etkileneceği için dikkate alınmamıştır. İki hesap yöntemi arasındaki toplam eşdeğer deprem yükü değişimi taban devirme momentleri değişimini temsil edecektir.

3. BULGULAR

TBDY 2018'in standart deprem hareket spektrumu kullanılarak yapılan deprem hesabı ile aynı yönetmeliğin 17. bölümünde yer alan basitleştirilmiş tasarım hesabına esas deprem hesabı bu çalışmanın yöntem kısmında belirtilen yapı için gerçekleştirilmiş olup iki hesap yöntemi için yapının taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada taban kesme kuvvetleri arasındaki farkları ortaya çıkarabilmek için deprem tehlike sınıfları, yerel zemin sınıfları ve BYS içinde kalacak şekilde belirlenen yapının kat sayıları değişken parametre olarak alınmış ve sonuçlar aşağıda açıklanmıştır. Yukarıda belirlenen parametrelere göre standart ve basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

3.1. Yerel Zemin Sınıfının Taban Kesme Kuvveti Değişimine Etkisi

Şekil 5 ve 6'da farklı yerel zemin sınıfları için basitleştirilmiş tasarım esaslarına göre belirlenen taban kesme kuvvetlerinin standart deprem hareketi spektrumundan elde edilen taban kesme kuvvetlerine göre değişimi yüzde olarak verilmiştir. Deprem tasarım sınıfı 1 ve 2 için farklı yerel zemin sınıflarının taban kesme kuvvetindeki bu değişime etkisi Şekil 5'te verilmiştir. Tüm kat seviyeleri için ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında, basitleştirilmiş hesaba göre taban kesme kuvvetlerinde standart deprem hareketi spektrumundan elde edilen taban kesme kuvvetlerine göre -%11 ile bir azalma ve +%92 bir artış arasında değişimin olduğu görülmüştür. Bütün kat seviyeleri göz önüne alındığında taban kesme kuvvetindeki en fazla artışın meydana geldiği zemin sınıfı ZB'dir. ZD zemin sınıfında 3 katlı yapı için ve ZE zemin sınıfında ise 3 ve 4 katlı yapıların taban kesme kuvvetlerinde standart hesaba göre azalma meydana gelmiştir. Farklı zemin sınıflarına göre elde edilen taban kesme kuvvetlerindeki artış, basitleştirilmiş hesabın standart hesaba göre yapının daha fazla deprem kuvvetleri alacağını göz önüne almaktadır.

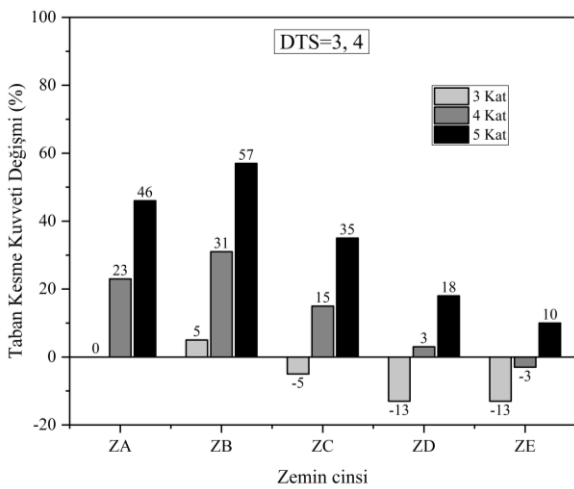


Şekil 5. DTS=1, 2 için farklı yerel zemin sınıflarının taban kesme kuvvetine etkisi

Tablo 6. Standart ve basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

Deprem Tasarım Sınıfları	Yerel Zemin Sınıfları	5 Katlı Yapı		4 Katlı Yapı		3 Katlı Yapı	
		Standart Hesap	Basitleştirilmiş Hesap	Standart Hesap	Basitleştirilmiş Hesap	Standart Hesap	Basitleştirilmiş Hesap
		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)
DTS=1, 2	ZA	2446,39	4240,70	2375,62	3362,96	2298,03	2557,36
	ZB	2505,54	4770,37	2499,01	3783,00	2451,57	2876,78
	ZC	4249,14	6359,39	4012,58	5043,13	3778,94	3835,05
	ZD	4396,73	5300,04	4019,27	4203,05	3613,35	3196,21
	ZE	4261,61	4240,70	3765,02	3362,96	2719,61	2557,36
DTS=3, 4	ZA	358,60	523,05	337,43	414,79	316,11	315,43
	ZB	377,20	589,26	358,25	467,30	340,32	355,36
	ZC	631,49	850,79	587,43	674,69	541,21	513,07
	ZD	888,80	1049,42	809,71	832,21	724,52	632,85
	ZE	1427,75	1572,47	1285,23	1247,00	1085,36	948,28

Şekil 6, DTS 3 ve 4 için iki farklı hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin değişimi göstermektedir. DTS 1 ve 2'ye benzer bir şekilde basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetleri standart hesaba göre daha yüksek değerler almakta ve en fazla artışın görüldüğü zemin sınıfı yine ZB olmaktadır. Taban kesme kuvvetindeki en büyük değişim %57'lik değeriyle ZB yerel zemin sınıfındaki 5 katlı yapıda gerçekleşmiştir. Bu da göstermektedir ki basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti standart hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetinin yaklaşık 1,5 katı değerine ulaşmaktadır. 3 katlı yapı için ZA, ZB ve ZC zemin sınıflarında basitleştirilmiş ve standart hesap sonucunda ortaya çıkan taban kesme kuvvetlerinin yakın değerler elde etmiştir. DTS 1 ve 2'ye oranla taban kesme kuvvetindeki değişim daha düşük seviyededir.



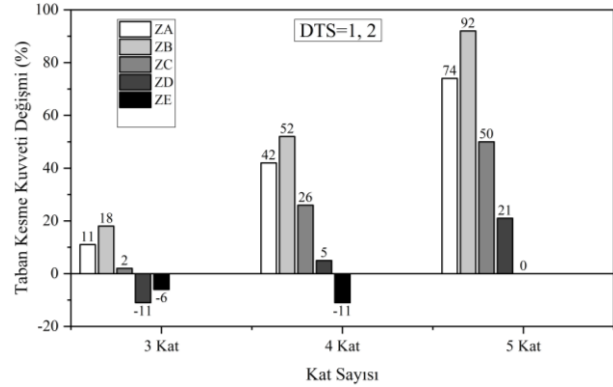
Şekil 6. DTS=3, 4 için farklı yerel zemin sınıflarının taban kesme kuvvetine etkisi

Bu çalışmada ise, TBDY 2018'e göre yerel zemin sınıfları hem standart hem de basitleştirilmiş deprem hesabından elde edilen taban kesme kuvvetlerini etkilediği ortaya çıkmıştır (Tablo 5). Şekil 5 ve 6, basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetlerinin standart deprem hesabına göre yerel zemin sınıflarından ciddi anlamda etkilendiğini ortaya koymuştur. Bütün deprem tasarım sınıflarında en fazla değişimin görüldüğü zemin sınıfı ZB olarak belirlenmiştir. İki farklı hesap yöntemi incelendiğinde, deprem tasarım sınıfı 1 ve 2 olan yapıların 3 ve 4 olan yapılara göre taban kesme kuvveti değişimi daha fazla görülmektedir.

3.2. Yapının Kat Sayısının Taban Kesme Kuvveti Değişimine Etkisi

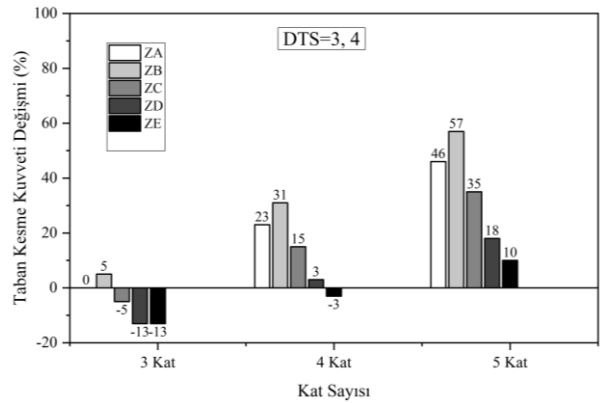
Yapının kat sayısının, standart deprem hesabına göre basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetlerine etkisi Şekil 7 ve 8'de verilmiştir. Aşağıdaki grafikler incelendiğinde bütün zemin sınıfları için, yapının kat sayısının artmasıyla basitleştirilmiş deprem hesabı ile standart deprem hesabından elde edilen taban kesme kuvvetleri arasındaki fark artış göstermiştir.

Şekil 7, taban kesme kuvvetindeki en büyük değişimin kat sayısı 5 olan yapılarda en düşük değişimin ise kat sayısı 3 olan yapılarda gerçekleştiğini göstermektedir. Taban kesme kuvvetindeki maksimum değişim, ZB yerel zemin sınıfında inşa edilen 5 katlı yapıda %92'lik değeriyle elde edilmiştir. Daha düşük kat seviyelerinde zemin durumu kötüleştikçe daha düşük taban kesme kuvvetleri elde edilmektedir (ZD ve ZE zemin sınıfında inşa edilen 3 katlı yapı ve ZE zemin sınıfında inşa edilen 4 katlı yapı).



Şekil 7. DTS=1, 2 için yapının kat sayılarının taban kesme kuvvetine etkisi

Deprem tasarım sınıfı 3 veya 4 için, yapının kat sayılarının artışıyla standart hesaba göre taban kesme kuvvetindeki değişim artmaktadır (Şekil 8). Taban kesme kuvvetindeki en büyük değişim yine 5 katlı yapıda elde edilmiştir. 3 katlı yapı için ZA ve ZB zemin sınıflarında standart hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti değerleri basitleştirilmiş hesaba göre daha yakın çıkmaktadır.



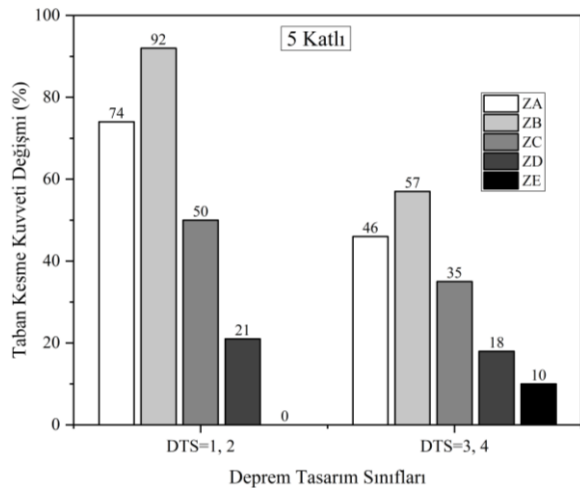
Şekil 8. DTS=3, 4 için yapının kat sayılarının taban kesme kuvvetine etkisi

Bu çalışmada, her iki hesap yöntemi ayrı ayrı incelendiğinde yapının kat sayılarının artması genel olarak taban kesme kuvveti değerlerini düşürmüştür (Tablo 5). Şekil 7 ve 8 incelendiğinde, yapının kat sayıları düştükçe standart hesaptan ve basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti değerleri arasındaki farkın azaldığı anlaşılmaktadır. Standart hesaba göre basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetlerinin kat sayısı arttıkça yükseldiği tespit edilmiştir. Yerel zemin sınıfları gözetilerek yapılacak incelemede taban kesme kuvvetindeki değişimin en fazla meydana geldiği zemin sınıfının ZB olduğu söylenebilir.

3.3. Deprem Tasarım Sınıflarının Taban Kesme Kuvveti Değişimine Etkisi

Bilindiği üzere deprem bölgesi kavramının yerini TBDY 2018 ile deprem tasarım sınıfı almış ve bundan önce yapılan bazı çalışmalarda deprem bölgelerinin yapıların yatay yüklerine etkisi incelenmiştir [20]. Bu çalışmada, farklı deprem tasarım sınıfları için basitleştirilmiş tasarım esaslarına göre belirlenen taban kesme kuvvetlerinin standart deprem hareketi spektrumundan elde edilen taban kesme kuvvetlerine göre değişimi incelenmiş ve bu değişim Şekil 9, 10 ve 11'de yüzde olarak verilmiştir.

Şekil 9, 5 katlı yapı için deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvvetinde meydana getirdiği değişimi göstermektedir. Aşağıdaki grafik incelendiğinde deprem tasarım sınıfı yükseldikçe iki farklı hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin arasındaki farkın azaldığı görülmektedir. ZA, ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıflarında deprem tasarım sınıfının 1 veya 2'den 3 veya 4'e yükselmesi basitleştirilmiş hesap ile standart hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetleri arasındaki farkı azaltırken, ZE yerel zemin sınıfında bir miktar artış meydana gelmiştir.

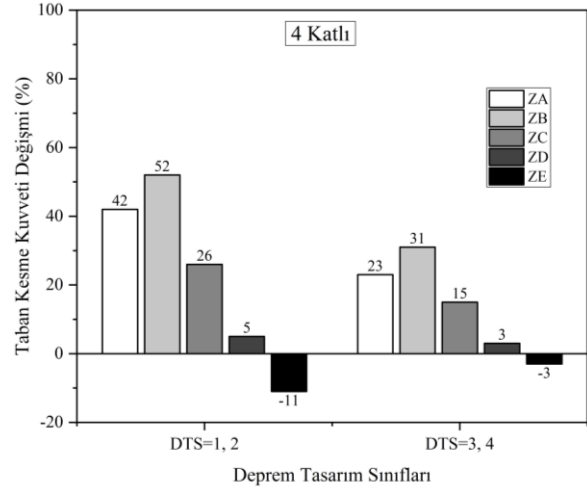


Şekil 9. 5 katlı yapı için deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvvetine etkisi

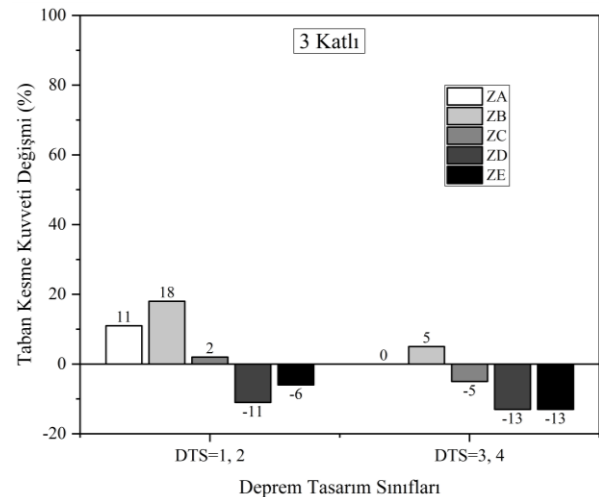
5 katlı yapıda olduğu gibi iki farklı hesap yöntemi için deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvveti değişimi üzerindeki etkisi 3 ve 4 katlı yapılar için yaklaşık benzer olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 10 ve 11). Zemin durumu nispeten daha iyi olan 3, 4 ve 5 katlı yapının deprem tasarım sınıfı arttıkça iki farklı hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerleri arasındaki fark azalmaktadır. 3 katlı yapıda zemin durumu kötüleştiğinde her iki deprem tasarım sınıfı için basitleştirilmiş hesaptan elde edilen taban kesme kuvvetleri standart hesaba daha düşük değerler elde etmiştir. Bu durum 4 katlı yapıda sadece ZE zemin sınıfında meydana gelmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, genel olarak kat sayısı düştükçe deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvveti değerleri üzerindeki etkisinin azalmasıdır.

Deprem açısından daha riskli bölgelerde yapılacak yapıların basitleştirilmiş hesabının standart hesaba göre daha fazla taban kesme kuvveti değerlerine sahip olduğu

ortaya çıkmaktadır. Bütün değişim değerleri incelendiğinde TBDY 17. bölümdeki tasarım esaslarının bu çalışmadaki 4 ve 5 katlı yapılar için zemin durumunun nispeten daha kötü olduğu durumlarda daha yaklaşık değerler verdiği ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kat sayısının düşmesi de standart hesaba göre nispeten daha yaklaşık sonuçlar verdiği söylenebilir.



Şekil 10. 4 katlı yapı için deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvvetine etkisi



Şekil 11. 3 katlı yapı için deprem tasarım sınıfının taban kesme kuvvetine etkisi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, TBDY 2018'de yer alan standart deprem tehlike spektrumuna ve aynı yönetmeliğin 17. bölümünde yer alan düzenli yerinde dökme betonarme binalar için basitleştirilmiş tasarım kurallarına göre hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükleri hesaplanmış ve taban kesme kuvvetleri incelenmiştir. İki hesap yöntemi arasındaki farkı inceleyebilmek için deprem tasarım sınıfı, yerel zemin sınıfı ve yapının kat sayısı parametre olarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- TBDY 2018 17. Bölümde beton ve donatı sınıflarında önceki bölümlerden farklı olarak sınırlandırma getirilmiştir.

- TBDY 2018 17. bölüm, toplam eşdeğer deprem yükü yöntemi için basitleştirilmiş bir denklem sunmaktadır. 17. Bölümde verilen denkleme göre yapının taban kesme kuvveti S_{DS} 'ye göre değişmektedir ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı basitleştirilmiş hesabın kullanılacağı yapılarda sabit olarak alınacağı görülmüştür.
- Genel olarak basitleştirilmiş deprem hesabından elde edilen taban kesme kuvveti değerleri standart deprem hesabına göre yüksek değerler almakta ve seçilen parametreler için yaklaşık 1,5 katına kadar çıkabilmektedir.
- Yerel zemin sınıflarının iki hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değişimini etkilediği tespit edilmiştir. Genel olarak sağlam zeminden kötü zemine geçildikçe iki hesap yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti değerleri birbirine yaklaşmaktadır. Basitleştirilmiş tasarım kuralları taban kesme kuvvetleri açısından kötü zeminlerde ya standart deprem hesabına yakın ya da daha düşük değerler vermektedir.
- Yerel zemin sınıflarının yanında yapının kat sayılarının da hesap yöntemleri arasında deprem açısından fark oluşturduğu gözlenmiştir. Yapının kat sayıları arttıkça, basitleştirilmiş hesap ile standart hesaptan elde edilen taban kesme kuvveti değerleri arasındaki fark ta artmaktadır.
- Deprem tasarım sınıfları 1'den 4'e doğru değiştikçe basitleştirilmiş deprem hesabı ile standart deprem hesabı arasındaki fark azalmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Demirtaş R, Kayabalı K. Deprem Jeolojisi. Gazi Kitabevi; 2006.
- [2] Nemutlu ÖF, Sarı A. Yeni Türk Deprem Yönetmeliği ile Amerikan Deprem Yönetmeliklerinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması. 5. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 5. ICEES. Ankara; 2019. p. 1-13.
- [3] Keskin E, Bozdoğan KB. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi. Kırklareli University Journal of Engineering and Science. 2018; 4:74-90.
- [4] Alyamaç KE, Erdoğan AS. Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları. Deprem Sempozyumu. Kocaeli; 2005. p. 707-715.
- [5] Kemaloğlu M. Türkiye'de Afet Yönetiminin Tarihi ve Yasal Gelişimi. Akademik Bakış Dergisi. 2015; 52:126-147.
- [6] Anonim. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. 18 Mart 2018 Tarih ve 30364 Sayılı Resmi Gazete. 2018.
- [7] Anonim. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. 3 Mayıs 2007 Tarih ve 26511 Sayılı Resmi Gazete. 2007.
- [8] Anonim. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. 2 Temmuz 1998 Tarih ve 23390 Sayılı Resmi Gazete. 1998.
- [9] Tunç G, Tanfener T. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi. 3. Ulus. Yapı Kongresi ve Sergisi. Ankara; 2016. p. 1-14.
- [10] Akkar S, Azak TE, Çan T, Çeken U, Demircioğlu MB, Duman T, ve ark. Güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve Mühendislik Uygulamalarına Etkisi. Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı. Ankara; 2019. p. 23-24.
- [11] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Türkiye Deprem Tehlike Haritası. Erişim tarihi: 01.04.2020. <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>.
- [12] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. Erişim tarihi: 01.04.2020. <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>.
- [13] Uzun M, Korkmaz HH. Deprem Bölgesindeki Bazı Ülkelerde Eşdeğer Deprem Yükü Metodunun Karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2019; 7:189-212.
- [14] Nemutlu ÖF, Sarı A. Comparison of Turkish Earthquake Code in 2007 With Turkish Earthquake Code in 2018. International Engineering and Natural Sciences Conference, IENSC 2018. Diyarbakır; 2018. p. 14-25.
- [15] Öztürk M. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası İle İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme. Selçuk-Teknik Dergisi. 2018; 17: 31-42.
- [16] Koçer M, Nakipoğlu A, Öztürk B, Al-Hagri MG, Arslan MH. Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye Göre Karşılaştırılması. Selçuk-Teknik Dergisi. 2018; 17: 43-58.
- [17] Afacan KB, Güler E. Yeni Deprem Yönetmeliği Performansının Zemin Büyütme Analizi ile Belirlenmesi. 5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 5. ICEES. Ankara; 2019. p. 1-11.
- [18] Boru EO. Farklı Zemin Sınıflarının Bina Deprem Performansına Etkisi. 3. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, ISITES 2015. 2015. p. 1865-1872.
- [19] Nemutlu ÖF. 2007-2018 Türk Deprem Yönetmeliklerinin ve Amerikan Deprem Yönetmeliğinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
- [20] Muratoğlu Ö, Özkan Ö. Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklerine Etkisi. Deprem Sempozyumu. Kocaeli; 2005. p. 1097-1104.



Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinin Güçlendirilmesi

Seyhan FIRAT^{1*}, Nihat S. IŞIK¹, Emine SELÇUK²

¹ Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
² Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Seyhan FIRAT ORCID No: 0000-0003-3649-0999

Nihat S. IŞIK ORCID No: 000-0002-5104-9504

Emine SELÇUK ORCID No: 0000-0001-6358-3328

*Sorumlu yazar: sfirat@gazi.edu.tr

(Alınış: 21.06.2020, Kabul: 20.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Tarihi yapılar,
Güçlendirme,
Temel sistemi,
Drenaj

Öz: Kültürel miras özelliği taşıyan yapılar tüm insanlığa aittir. Bu yapılar, zaman içinde pek çok sebeplerle meydana gelen oturma ve taşıma gücü problemleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu yapıların gerek aldığı hasarlar, gerekse yeniden ve farklı amaçlarla kullanıma açılmaları nedeniyle onarımlarının yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmalar planlanmadan önce varsa hasar boyutları ve nedenleri tespit edilmeli, yapısal etütler, malzeme ve zemin etütleri hassasiyetle yapılmalı ve tarihi dokuya en az müdahale gerektirecek çözümler seçilmelidir. Yapılan işlemler geri alınabilir ve dönüştürülebilir olmalıdır. Temeller de tarihi yapının anatomisinin bir parçası olarak mümkün olduğu kadar korunmalıdır. Bu çalışmada tarihi yapıların temelleri, onarım ve güçlendirme nedenleri ile temel sistemlerine yapılan iyileştirmeler örnekler ışığında incelenmiştir. Ayrıca Türk Mimarlık Tarihinin önemli bir yapısı olan Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi'ne drenaj amaçlı yapılan kazı çalışması Plaxis 2D yazılımında modellenmiş, yapı temeli yer değiştirmeleri ve zemin davranışı yorumlanmıştır. Farklı derinlik, farklı genişlik ve farklı zemin özellikleriyle oluşturulan senaryolar da analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Sonuç olarak yapılan kazı çalışmasının yapıya zararlı etkisinin olmadığı ve zeminde taşıma gücü problemlerinden önce kabarmaya bağlı yer değiştirmelerin oluştuğu gözlenmiştir.

Foundation Reinforcement of Historical Buildings

Keywords

Historical buildings,
Strengthening,
Foundation type,
Drainage

Abstract: Historical monuments are all of humanity's cultural heritage. These structures face to settlements and bearing capacity problems that occur for many reasons over time. It is necessary to make repairs for both to correct the damages and reuse them for different purposes of these buildings. Before planning these studies, damage dimensions and causes should be determined, structural, material and soil tests should be done with precision and solutions that require minimal intervention to the historical texture should be selected. Transactions should be reversible and recyclable. The foundations should be preserved as much as possible as part of the anatomy of the historical structure. In this study, the foundations of historical buildings, the reasons for repair or strengthening and improvements to the foundation systems were examined by examples. In addition, the excavation work for the drainage of Gazi Mustafa Kemal Pasha Muallim School, which is an important structure of Turkish Architecture History, was modelled in Plaxis 2D software and structure foundation displacements and soil behaviour were interpreted. Scenarios created with different depth, different width and different soil properties were also analysed and interpreted. As a result, it was observed that the effect of excavation on the structure was not dangerous and displacements due to heaving occurred before the bearing capacity problems.

1. GİRİŞ

Tarihi yapıların, sahip oldukları mimari ve mühendislik özelliklerini değiştirmeden insanlığın geleceğine sunulması önemli bir sorumluluktur. Çeşitli nedenlerle hasar gören ya da tekrar veya farklı kullanıma sunulması amacıyla bu yapılara farklı zamanlarda restorasyon ve güçlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Tarihi yapılara yapılan bu koruma ve güçlendirme müdahaleleri, mimarisini korumaya yönelik olduğu gibi mühendislik özelliklerini de muhafaza etmelidir.

Tarihi yapılara yapılacak her müdahale mümkün olduğu kadar geri alınabilir, dönüştürülebilir, orijinal dokuya uygun fakat ondan ayrılabilir nitelikte olmalı ve köklü değişiklikler yapmaktan kaçınılmalıdır [1].

Tarihi yapıların korunması bilinci insanlık tarihi göz önüne alındığında oldukça yenidir. 18. yy sonlarında başlayan koruma bilinci daha çok şeklen yapılan, mühendislik temeli olmayan bir yaklaşımdı. Yıllar içinde koruma ve iyileştirmenin mühendislik analizleri ışığında yapılması gerekliliği anlaşılrsa da zemin ve temel davranışının etüt edilmesi gerekliliği göz ardı edilmiştir.

Tarihi yapıların temelleri de diğer öğeleri gibi sahip olduğu kimliğin ayrılmaz bir parçasıdır. Temeller; çeşidi, yapım tekniği ve malzemesiyle, ait olduğu yapıya, tarihe ve coğrafyaya ait motifler taşır. Bu nedenle, tarihi yapıların temellerinin de diğer bütün öğeleri gibi özgünlüğü mümkün olduğunca korunması gereklidir. Taşıma gücünün yeterli olduğu durumlarda temeller onarılmalı, çürüyen bozulan elemanlar aslına uygun olanlarla değiştirilmelidir. Zemin kapasitesi yeterli değilse modern yöntemlerle temel veya zemin iyileştirmesi yapılabilmektedir. Bu durumda temelin boyutlarının değiştirilmesi ya da kazıklı sistemlerle desteklenmesi tercih edilebilirse de temel bölgesinde çalışmanın kısıtlı ve zor olması, bazı uygulamaları yapmanın mümkün olmaması sıkıntı oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda zemin iyileştirme yöntemleri ile taşıma gücünü yükseltmek hem uygulaması kolay hem de yapıya müdahale gerektirmeden yapılabileceği için tercih edilen işlemlerdir. Adı geçen yöntemlerin birkaçı genellikle bir arada uygulanmaktadır [2].

Yapı temeli açısından en büyük sorunlardan birisi temel seviyesine sızan sulardır. Temel sistemi mümkün olduğunca sudan uzak tutulmalıdır. Bazı tarihi yapılarda, suyun etkilerinden korunmak amacıyla temel çevresine galeriler yapılmıştır. Galeriler sayesinde hem temellerin havalanması, kuru kalması sağlanmış hem de duvar kılcallarında yükselen kapiler su engellenmiştir.

Suyun bir başka tehlikesi ise depremle birlikte ortaya çıkmaktadır. Bazı temiz kum ve silt tabakalarda ortaya çıkan sıvılaşma sorunu yapının yüklerini taşıyan zeminin gücünü tamamen kaybetmesine ve sıvı olarak davranmasına yol açar. Zeminin boşluklarındaki su için drenaj imkânı oluşturulursa, deprem esnasında ortaya çıkabilecek aşırı boşluk suyu basınçları azaltılmış ve olası sıvılaşma da önlenmiş olacaktır [3].

Coğrafyamız, tarihinden kaynaklanan eserleri bizlere cömertçe sunan zengin bir yerleşimdir. Bu eserler zaman içinde, pek çok nedenlerden dolayı hasarlar almış ve bazıları defalarca onarılmıştır. Vakıflar Genel Müdürlüğü, ülkemizde, 1990 yılı verilerine göre 4544 cami ve mescit, 307 zaviye, imaret ve tekke, 273 medrese, darüşşifa ve bimarhane, 410 han ve kervansaray, 1164 türbe ve 300 adet sıbyan mektebi, sebil ve şadırvan belgelemiştir [4]. Bugün ise 100.000'den fazla tarihi yapı, Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıkları listesinde [5].

Günümüzde tarihi yapıların korunması kapsamında temellerinin ve zemininin iyileştirilmesi için pek çok klasik ve modern yöntemler kullanılmakta, konuyla ilgili akademik çalışmalar yapılmaktadır.

Restorasyon müdahaleleriyle iyileştirilmeler yapılmasına rağmen köklü mühendislik analizleri yapılmadığı için tekrarlayan deformasyonlarla karşılaşılacak pek çok yapı vardır. Bu yapılardan biri olan Küçük Ayasofya Cami, 6.yy'da kilise (Sergius ve Bacchus Kilisesi) olarak inşa edilmiş, 16. yy'da camiye çevrilmiştir. Merkezde balkabağı formulu büyük kubbe ve onun çevresindeki yarım kubbelerden oluşan kemerli, kubbeli, tonozlu yığma bir yapıdır. Tüm kemerler ve kubbeler taş, tuğla ve harçtan yapılmıştır. İstanbul'daki en eski Bizans yapısı olma özelliğine sahiptir. Çeşitli dönemlerde maruz kaldığı depremler ve oturduğu zeminin yapısı nedeniyle yapıda farklı oturmalar, kubbe ve tonozlarda çatlak ve açılmalar ortaya çıkmıştır [6]. Zaman içinde yapılan yanlış restorasyon ve onarımlar da çatlakların tekrarlamasına ve büyümesine neden olmuştur. Camiye çevrildiğinde inşa edilen kurşun kaplı klasik bir külaha sahip olan minare, bilinmeyen sebeplerden dolayı 1936'da yıkılmış ve 1955 yılında tekrar yapılmıştır. Bazı yenileme çalışmalarından sonra minare, camiye doğru eğilmeye başlamıştır. Yapı içinde 2 ve dışında 4 olmak üzere 6 adet gözlem kuyusu, 3 adet sondaj kuyusu açılmış; yapı temelinin tarihi düzgün blok taşların üzerine oturduğu ve zemin özelliklerinin doğu-batı doğrultusunda değiştiği tespit edilmiştir. Binaının güneyinde açılan 3 numaralı sondaj kuyusunda sıkıştırılabilir yumuşak siltli kil ve gevşek kum tabakalarına rastlanılmış ve daha gevşek zemin özelliği olan batı yönünde yapının oturduğu gözlenmiştir [6].

Farklı oturmaları durdurmak ve depreme karşı yapıyı güçlendirmek için, tarihi yapıya en az müdahale gerektirecek şekilde iyileştirme yapılmaya karar verilmiştir. Taşıyıcı duvarlar ve sütunlar 165 milimetre çaplı eğimli mikro kazıklarla desteklenmiş, kazıklar üst kotta sürekli kirişlerle tarihi temellerle bağlanmıştır. Kiriş üst kotu tarihi döşemenin altında kalacak şekilde imal edilmiştir. Zemin iyileştirmesi için de mikro kazıkların ara bölgelerinde olmak üzere zemine çimento enjeksiyonu yapılmıştır [6].

Gevşek suni bir dolgu tabakaya inşa edilmiş, zemine çakılan kısa ahşap kazıklar ve üzerindeki ahşap ızgaranın üzerine bina edilmiş olan Ortaköy Camii, tarih içinde defalarca güçlendirme ve onarım görmüştür [2]. Ortaköy

iskelesine yanaşan vapurların neden olduğu dalgalanma, titreşim ve çalkantıların sebep olduğu ritim avlusunda çatlak ve açılmalar oluşmuştur. Temellerin güçlendirilmesi için caminin beden duvarı boyunca 64 adet, 450 mm çaplı fore kazıklar imal edilmiş, 20 m derinlikteki sağlam zemin tabakasına ulaşılmıştır. Aynı zamanda deniz tarafındaki avlunun dolgu zeminine ise 80 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır. Bu şekilde hem temeller güçlendirilmiş hem de zemin iyileştirmesi yapılmıştır [2].

Bosna Hersek'te 1993 savaşında pek çok tarihi eser, özellikle de Osmanlı yapısı pek çok yapı, tahrip olmuş veya tamamıyla yıkılmıştır. Bunlardan biri Banja Luka şehrinin en önemli yapısı olan Ferhat Paşa Camii'dir. Mimar Sinan'ın adı bilinmeyen bir öğrencisi tarafından 16. yy'da inşa edilmiş olan yapı, aktif bir deprem hattında olması sebebiyle zaman içinde deprem etkisiyle tahrip olmuştur. En son 1993 yılında iç savaşta patlayıcılarla tamamen yıkılmış, sadece temelleri kalmıştır. 2001 yılındaki iyileştirme çalışmasında yapının temelleri bütünüyle ortaya çıkarılmıştır. Temelleri teşkil eden düzgün şekilli taş sömellerin 9 metrelik ahşap kazıkların üzerine oturduğu tespit edilmiştir. Cami, aslına uygun olarak yeniden inşa edilirken, yapının, Bosna Hersek'in en güçlü sismik zonunda olması sebebiyle deprem etkileri göz önünde bulundurulmuş, güçlendirme projeleri yapılmıştır. Temeller açısından en büyük sorun deprem bölgesindeki yapının temel derinliğinin yeterli olmaması olarak tespit edilmiştir. Güçlendirme için taş temeller 20 santimetre çapında mikro kazıklarla desteklenmiş ve bu şekilde meşe kazıkları da dahil olmak üzere mevcut tarihi temeller aslına uygun olarak korunmuştur [7-9].

Zeminle ilgili sorunlar yaşayan bir başka yapı ise 1000 yıllık geçmişi olan Zaragoza'daki Tarihi Pılar Bazilikasıdır. Yaklaşık 100 metre uzunluğunda ve 70 metre genişliğinde dikdörtgen planlı, geniş ve karmaşık bir yığma yapıdır. Ebro Nehri kıyısında, taşıma gücü düşük alüvyon zemine inşa edilmiştir [10]. Farklı zamanlarda yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda yapı hayatta kalmaya devam etmiştir.

Geoteknik problemlerden etkilenen dünya üzerindeki en önemli tarihi yapılardan bir tanesi de Pisa Kulesi'dir. Yapımından itibaren zeminle ilgili problemlerle karşılaşılana ve eğilmeye başlayan kulenin inşası pek çok kez kesintiye uğramıştır. Pek çok araştırma ve çalışmaya konu olan kule, 2 m'lik organik toprak, 7 m killi ve kumlu silt tabakasından sonra, 38 m'ye kadar çeşitli özellikteki killer ile sıkı kum tabakasının üzerine oturmaktadır. Özellikle üstteki kil tabası yüksek oturma potansiyeline sahiptir. Kule temelleri zeminin 3 m altında, deniz seviyesinde ve kuzey yöndeki yeraltı su seviyesi güney yönündekinden daha yüksektir. 19,6 m'lik halka temel üzerinde yükselen kule, daha 4. kat yapılırken eğilmeye başlamıştır. 1173-1370 yılları arasında süren inşaatın sonunda, kulenin düşeyden 3° saptığı düşünülmektedir. İnşaatın tamamlanmasından sonra da eğilme devam etmiş, eğilme hızının 1945 yılında 3/yıl iken 1990'da iki katına çıktığı hesaplanmıştır. 2000'lere geldiğinde temel taban

basıncı kuzey uça neredeyse 0'a yaklaşırken güney uça tehlikeli boyutlara ulaşmış ve kule eğiminin 5,5° olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kulenin devrilmesi kadar zemin göçmesi riskini de artırmıştır. Sonunda kulenin temelini altından kuzey yönünden, 30° eğimle sondaj kuyuları açılarak, çok yavaş bir biçimde zemin çıkarılması ve kulenin çelik kablolar ve kurşun ağırlıklarla gereken eğime gelene kadar tutulmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda bu işlem yapılırken gözlem kuyuları yardımıyla yeraltı suyu seviyesi gözlenmiştir. Bu çalışmanın, çok yavaş bir şekilde ve kulenin eğimi güvenli seviye olan 5°'nin altına indirilene kadar devam edilmesi planlanmıştır. Kulenin bugünkü eğimi 3,97°'dir [11,12].

Zemin etütleri köklü bir şekilde yapılmadan, yapı ve zemin davranışı analiz edilmeden girişilen restorasyon ve iyileştirme çalışmaları, uzun vadede problemlerin çözümü olmamaktadır. Buna en iyi örneklerden biri Konya Alaeddin Camii'dir. Çeşitli tarihlerde farklı sorunlar yaşamış gibi görünen yapı, kısmi analizlerle tamiratlar geçirmiş ancak sorunlar tekrar etmiştir.

Selçuklu mimarisinin özelliklerini yansıtan en eski camii olan Alaeddin Camii, 17-30 metre yüksekliğindeki dolgu bir tepe üzerine, 1 metre genişliğinde ve 70 santimetre derinliğinde tekil kare temellerle inşa edilmiştir. Temelleri yer yer eski Bizans kalıntısı temeller üzerine oturmuştur. Bir dönem silah deposu olarak da kullanılan camide, 1940'lı yıllardan itibaren çok çeşitli nedenlerle insanip yumuşayan ve hacim değişikliklerine uğrayan zemin nedeniyle oturma ve çatlak sorunları yaşanmıştır. İlk çözüm olarak sütun altı temeller birbirine betonarme hatıllarla bağlanmış ancak zeminle ilgili problemler sonraki yıllarda tekrar ortaya çıkmıştır. 1956 yılında avlunun kuzeybatı duvarlarında çökme, yarıma ve eğilmeler meydana gelmiştir. 1966'da sütun temellerinde açılmalar oluşmuş, hünkâr mahfilinin çatısı bu nedenle çökmüştür. Minarede eğilme meydana gelmiştir. 1978-79 yıllarında doğu cephesi stabilitesi sağlandığında ise bu defa batı cephesinde oturma ve kaymalar meydana gelmiştir. Öncelikle, tepedeki kaçak veren su deposu ve boruları kaldırılmış, lavabolar taşınmış, çevre yeşil alanların sadece sıcak aylarda yağmurlama sistemi ile sulanmasına karar verilmiş ve camii çevresine yeni bir drenaj sistemi yapılmış, çatı akarları yenilenip drenaj sistemine bağlanmıştır. Zemin güçlendirmesi için camiiin iç dış bölgelerine 221 adet noktadan 836,388 kilogram çimento enjekte edilmiştir. Temel güçlendirme için camii duvarlarının iç ve dış bölgelerinde 59 adet 28 milimetre çaplı mini kazık imal edilmiştir. Düşey ve eğimli olmak üzere 2 çeşit imal edilen kazıklar camii içinde sütunlar arasında, camii dışında ise duvarlar boyunca bağlantı kirişleriyle bağlanmıştır. Bağlantı kirişlerine ön germe uygulanmıştır. Temel ve taban enjeksiyonları yapılarak mini kazıklar tepenin altındaki doğal alüvyonlu zemine 1 metre girecek şekilde dökülmüştür [2, 13-15].

Bu makalede, genel olarak tarihi yapılara yapılan koruma ve güçlendirme müdahaleleri yapı temelleri açısından incelenmiştir. Gazi Üniversitesi Rektörlük Binası olarak kullanılan tarihi yapıya, 2013 yılında,

drenaj için yapılan kazı çalışmasının yapı-zemin stabilitesine etkileri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda Gazi Muallim Mektebi'nin yapılan kazı çalışmasından etkilenmediği, zeminde taşıma gücü kaybı oluşmadığı, güvenlik faktörünün yüksek olduğu ve zeminde kazı kaynaklı bir miktar kabarma oluştuğu görülmüştür. Analizlerde farklı kazı derinliği ve genişlikleri dikkate alınarak olası farklı uygulamaların deplasmanlar üzerindeki etkisi çalışılmıştır. Drenajsız kayma dayanımı değeri daha düşük bir zeminde aynı boyutlarda bir kazının göçmeye karşı güvenlik katsayısının çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

2. SAYISAL MODELLEME VE ANALİZ

Geoteknik mühendisliğinde, yapım sürecinde deformasyonların ve stabilite seviyesinin tespiti için teorik ve ampirik birçok hesaplama yöntemleri kullanılır. Geoteknik çalışmaların modellenmesi yapılırken modellemelerin hızlı ve doğru olması için sayısal teknikler ile bilgisayar ortamında hesaplanmaları ve değerlendirilmeleri yapılmaktadır. En yaygın kullanılan sayısal hesaplama yöntemi, sonlu elemanlar yöntemidir. Bu çalışmada Plaxis yazılımı, çalışmanın modelleme sürecinde kullanılmıştır.

2.1. Plaxis Yazılımı

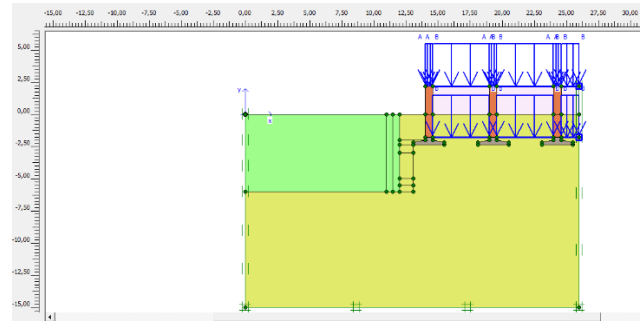
Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), geoteknik problemleri sonlu elemanlar yöntemi ile çözmeye yarayan, deformasyon, stabilite, dinamik analizlerini zamana bağlı olarak çözümlenmeler yapabilen bir ticari bilgisayar programıdır. Plaxis 2D ile zemin, birbirinden bağımsız üçgen elemanlara bölünür. Program; çıktıların görselleştirilmesine, her bir zemin elemanın gerilme ve deformasyon sonuçlarını ayrıntılı elde edilmesine, zemin ve yapı etkileşimlerinin kolayca kontrol edilmesine olanak tanımaktadır. Her bir aşama kademeli olarak tanımlanabilir. Çalışmaların ayrı fazlarda tanımlanması, yapım ve hafriyat esnasında gelişecek durumların da gözlenmesine ve zamana dayalı gerçekçi bir analiz yapılabilmesine imkân verir. Kullanılan bu simülasyon yazılımı, çok fazlı bir malzeme olan zemin içinde çalışma yapılırken boşluk suyu basınç değişimlerinin de mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Plaxis, kolay kullanım ve gerçeğe yakın modelleme ile güvenilir ve ayrıntılı analiz için imkân sağlamaktadır [16-17].

2.2. Drenaj Çalışması Modellemesi

Gazi Üniversitesi Rektörlük Binasına, temel altına sızan ve bodrum kat duvarları tarafından emilen suların yapıya zarar vermemesi için 2013 yılında yağmur suyu ve yüzeysel sulardan koruma amaçlı taban drenajı çalışması yapılmıştır. Yapının doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu cepheleri 2 m genişliğinde ve 2 m derinliğinde binaya sıfır olarak kazılmış, temel altı seviyesine inilmiştir. Bu araştırmada gerçekte yapılan kazı profilinin yanında farklı derinlikte, genişlikte ve farklı zemin koşulunda yapılabilecek kazı senaryoları da analiz edilmiştir.

Yapı altındaki zemin Plaxis 2D yazılımında bulunan doğrusal elastik – mükemmel plastik bünye modeli kullanılarak modellenmiş, zemin dayanımı ise Mohr-Coulomb yenilme kriteri ile tanımlanmıştır. Malzeme özellikleri Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Binası Zemin Etüt Raporu'na göre tanımlanmıştır. En kritik sonuçlar veren malzeme özellikleri seçilmiş ve Ankara kili davranışı da göz önüne alınarak parametreler seçilmiştir.

Başlangıç geometrisi için yapının doğu-batı doğrultusunda 3 adet sürekli temel kesiti, bodrum kat taşıyıcı duvarları zemin kat ve birinci kat döşemeleri ile kazı profili tanımlanmıştır (Şekil 1). Birinci katın üzerinde kalan kısım taşıyıcı duvarlar üzerinde yayılı yük olarak tanımlanmıştır. Döşemelerin tamamı için yük değeri kendi ağırlığıyla birlikte $6,5 \text{ kN/m}^2$, birinci ve üzeri katların taşıyıcı duvarların tamamı için yük değeri 300 kN/m^2 olarak tanımlanmıştır [18].

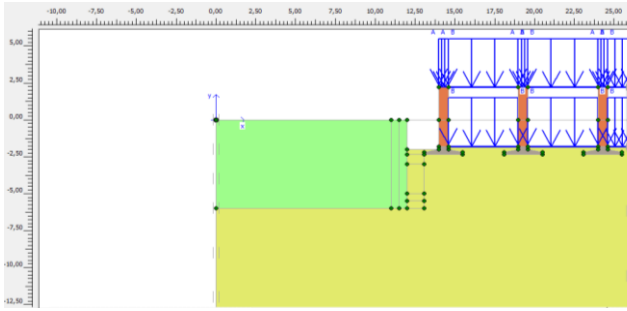


Şekil 1. Başlangıç geometrisi

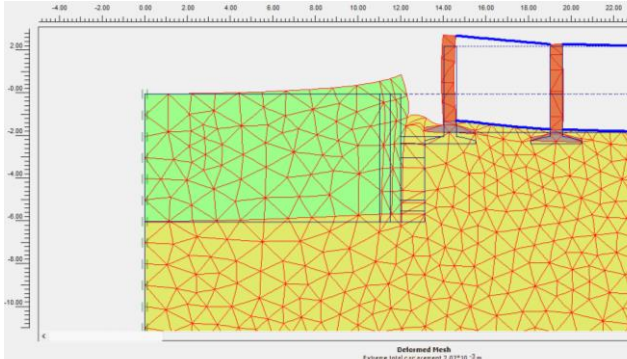
Zemin özellikleri temel altı zeminin deformasyonlarının daha iyi gözlenmesi için iki farklı şekilde tanımlanmıştır. Yapılan kazının tarihi yapı temellerine olan etkisinin analiz edilebilmesi, kazının diğer yanında kalan bölgenin yapı alanından önce yenilmemesi için bu bölge lineer elastik olarak tanımlanmıştır. Laboratuvar analizlerinde de düşük ve yüksek plastisiteli kil olarak tespit edilen zemin özellikleri, SPT sonuçları ve Ankara kilinin karakteristikleri göz önüne alınarak; elastisite modülü $E = 50.000 \text{ kN/m}^2$, drenajsız kohezyon değeri $c = 84,15 \text{ kN/m}^2$, drenajsız içsel sürtünme açısı $\phi = 0^\circ$, birim hacim ağırlığı $\gamma = 18,4 \text{ kN/m}^3$ olarak seçilmiştir [19-21].

Bodrum katında kullanılan taşıyıcı andezit duvarlar için birim hacim ağırlığı 22 kN/m^2 , elastisite modülü $4.000.000 \text{ kN/m}^2$ olarak; betonarme temelin birim hacim ağırlığı 25 kN/m^2 , elastisite modülü $20.000.000 \text{ kN/m}^2$ olarak seçilmiştir.

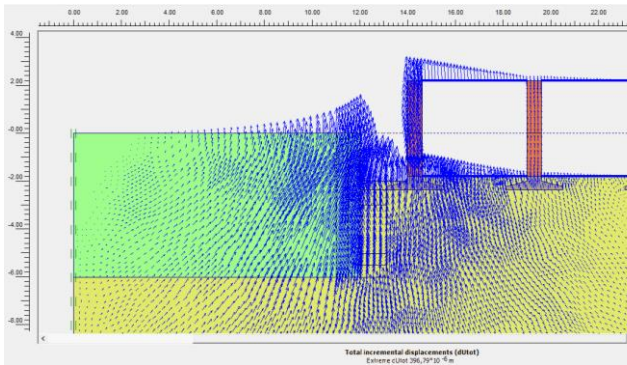
Yapılan kazı çalışması ve farklı kazı senaryoları için analizler yapılmıştır. İlk yapılan analiz yapının gerçek kazı analizidir ve yapı duvarından 2 m uzaklıkta ve zemin üst kotundan 2 m derinliktedir (Şekil 2). Analiz sonuçlarına göre, yapılan kazının zemine ve yapıya önemli bir etkisi olmamıştır. Kazı ile birlikte zeminde az miktarda kabarma oluştuğu gözlenmiş, yapı temellerinin yukarı yönde zorlandığı görülmüştür. Temelin en uç noktasında yukarı ve yana yer değiştirme miktarı 1,2 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 3-4). En büyük yer değiştirme ise kazı tabanında ve duvarında olmuştur (Şekil 5).



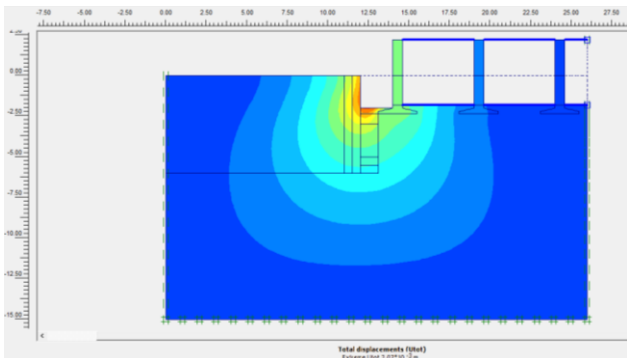
Şekil 2. Gerçek kazı benzetimi



Şekil 3. Gerçek kazı durumunda deformasyona uğramış birim elemanlar ağı (500 kez büyütülmüş deformasyonlar)



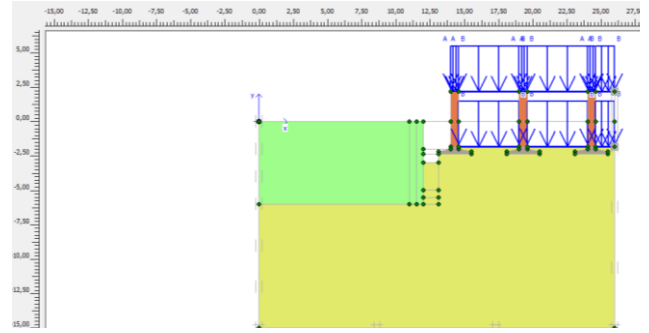
Şekil 4. Gerçek kazı toplam yer değiştirme artışları



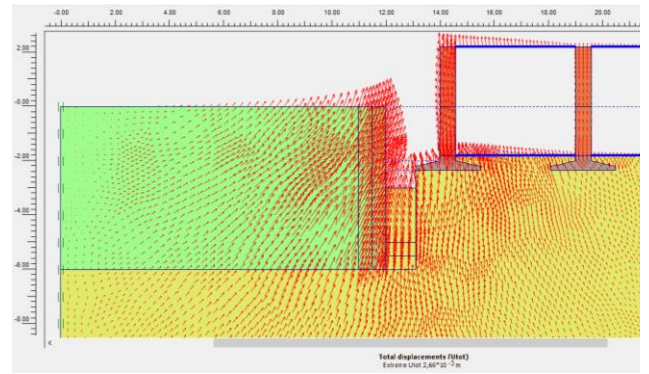
Şekil 5. Gerçek kazı için toplam yer değiştirme dağılımı

Sonraki adımda (faz 2) kazı temel kotunun altına, zemin üst kotundan 3 m derinliğe kadar devam edilmiştir (Şekil 6). Gerçekte böyle bir kazı yapılmamıştır. Bu tür bir kazı yapılması olasılığında oluşabilecek deformasyonları belirlemek amacıyla farklı durumlar analiz edilmiştir. Zeminde az miktarda kabarma oluşmuş, yapı temellerinin bu durumda da yukarı yönde zorlandığı,

yukarı ve yana doğru 1,01 mm deplasman yaptığı gözlenmiştir. En büyük deformasyon kazı tabanında ve duvarında gerçekleşmiştir (Şekil 7).



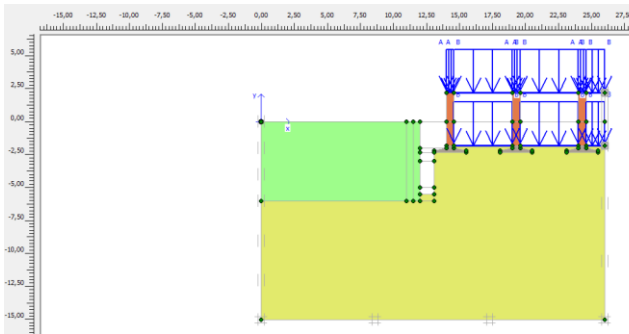
Şekil 6. Faz 2 kazı benzetimi



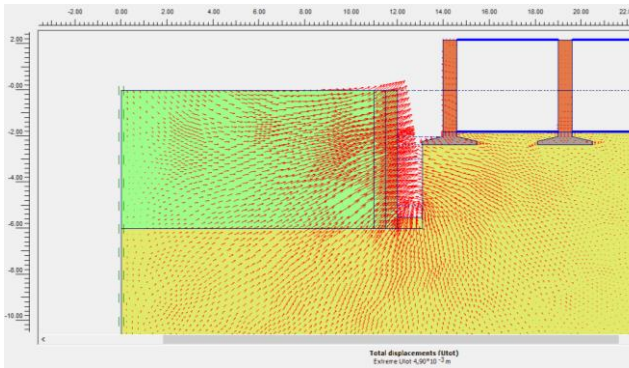
Şekil 7. Faz 2 toplam yer değiştirmeler

Gazi Üniversitesi Rektörlük Binasının oturduğu Ankara kili nispeten yüksek şişme potansiyeli olan bir yapıya sahiptir. Arazideki su muhtevası şartlarında, kazı gerçekleşmeden önce zemin tabakalarının kabarma basıncı ile örtü yükü dengededir. Kazı ile örtü yükünün kalkması sonucu kuvvetlerin dengesi bozulur ve kabarma basıncının etkisiyle zeminde bir miktar kabarma oluşur. Ankara kilinde 0,51-1,28 kg/cm² arasında şişme basıncı görülebilmektedir [19].

Sonraki adımlarda zemin üst kotundan 5,5 (faz 3) ve 6 (faz 4) m derinliklerine kadar kazıya devam edilmiştir. 5,5 m derinliğindeki kazı en kesitinde; kazı tabanındaki kabarma artarken ve yapı temellerinin yukarı yönde zorlanması çok azalmış, temel deplasmanı kazı tarafında 0,66 mm olmuştur. Kazı tabanındaki şişme 3,64 mm'dir (Şekil 8-9). En büyük deformasyon kazı dış duvarında oluşmuş, ancak buradaki malzeme lineer elastik olarak tanımlandığı için yapılan analizde bir göçme oluşmamıştır.

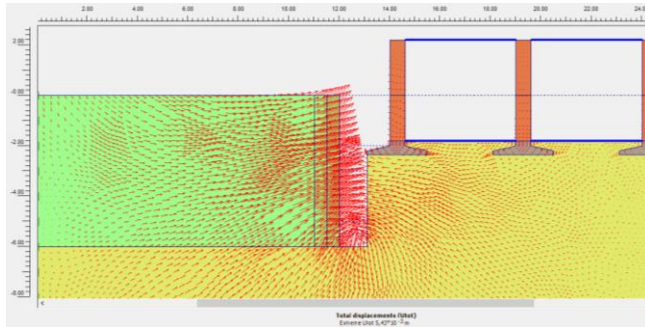


Şekil 8. Faz 3 kazı benzetimi



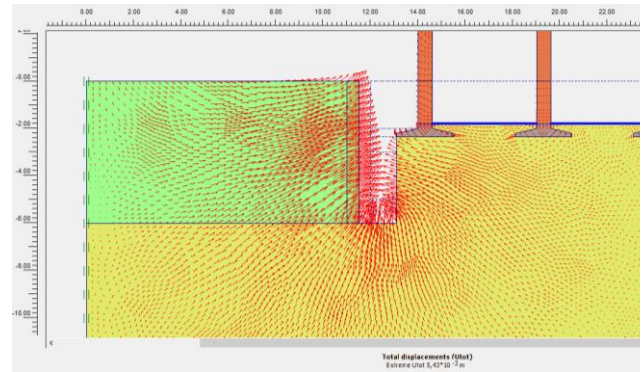
Şekil 9. Faz 3 toplam yer değiştirmeler

Kazı 6 m ye ulaştığında (faz 4) artık zemin yenilmeye ve yapı temelleri oturmaya başlamıştır. Dış temel dönmeye başlamış, ikinci ve üçüncü temeller 0,21 ve 0,32 mm oturmuştur (Şekil 9). Ancak seçilen zemin özelliği için kazı yenilmesi çok daha derin seviyelere kadar mümkün olmamaktadır. Kazı tabanındaki şişme 4,90 mm'dir. Derinlik arttıkça yani kaldırılan örtü yükü arttıkça kabarma miktarı da artmaktadır.



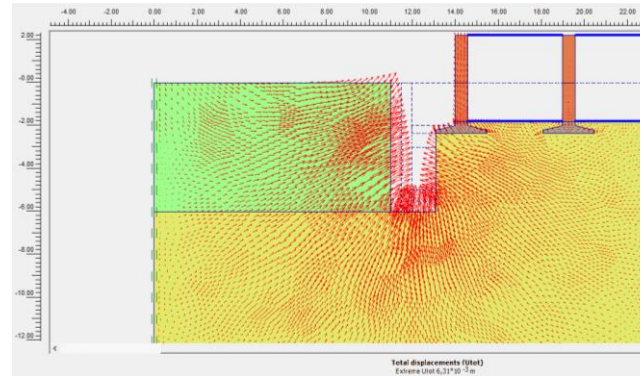
Şekil 10. Faz 4 toplam yer değiştirmeler

Son adım olarak temel alt kotundan 1 m olarak devam eden kazı 1,5 m (faz 5) ve 2 m (faz 6) olarak analiz edilmiştir. Kazı 1,5 m genişliğe ulaştığında kazı kenarındaki temelin yukarı yönlü yer değiştirmesi tekrar görülmüştür. Temelin uç noktasında 0,95 mm yer değiştirme oluşmuştur (Şekil 10).

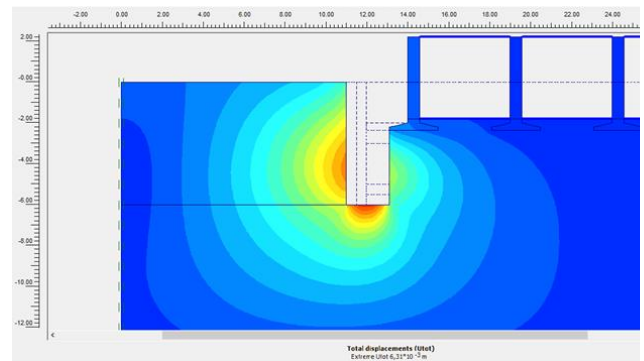


Şekil 11. Faz 5 toplam yer değiştirmeler

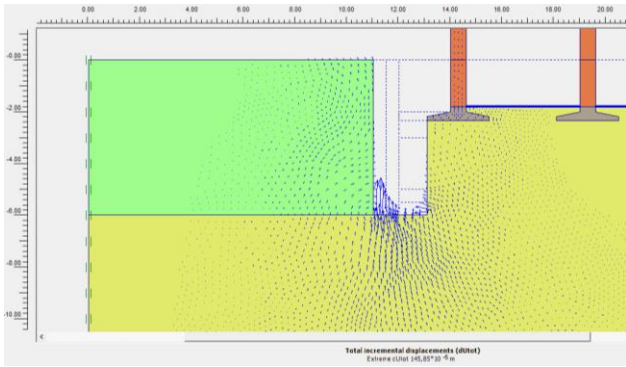
Kazı 2 m genişliğe (faz 6) ulaştığında en büyük deformasyonlar bir miktar daha artarken kazı kenarındaki temelin yukarı ve yana doğru yer değiştirmesi 1,12 mm olmuştur. Kazı kesiti genişlediğinde tabandaki kabarma miktarı da kazılan hacme bağlı olarak artmıştır (Şekil 11-12). Güvenlik katsayısı (FS) bu şekilde bir kazı da bile 2,283 olmuştur. Analizler devam ettirildiğinde güvenlik katsayısının -14 m derinliğe kadar 1'in üzerinde olduğu görülmüştür. Plastik deformasyonların ortaya çıktığı olası yenilme mekanizması; kazı kenarındaki temelin oturup, kazı tabanının tamamen yukarı yönlü hareketiyle olması şeklinde öngörülmüştür (Şekil 13).



Şekil 12. Faz 6 toplam yer değiştirmeler

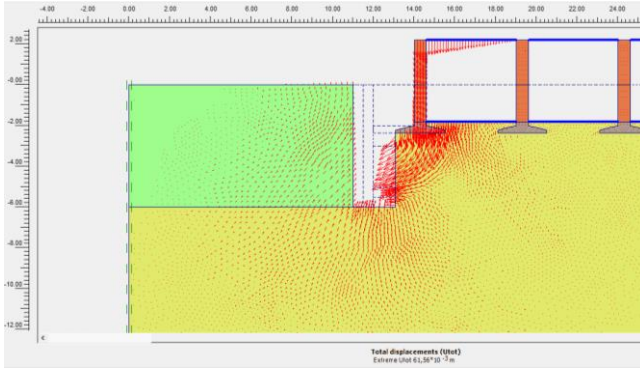


Şekil 13. Faz 6 toplam yer değiştirme alanları



Şekil 14. Faz 6 toplam deformasyon artışı

Son olarak zeminin kohezyon ve elastisite modülü değiştirilerek, aynı kazının daha zayıf bir zemin profilinde yapı temeline etkileri analiz edilmiştir. Yeni durumda elastisite modülü $E = 20.000 \text{ kN/m}^2$, drenajsız kohezyon değeri $c = 42 \text{ kN/m}^2$ olarak seçilmiştir. Nispeten daha zayıf olan zeminde oturmalar artmış, kazı kenarındaki temelin yer değiştirmesi $38,51 \text{ mm}$ 'ye ulaşmış, kazının güvenlik katsayısı (FS) $1,17$ 'ye düşmüştür (Şekil 14).



Şekil 15. Zayıf zemin profili toplam deformasyonu

Sayısal analizlerin gerçeğe yakınlık derecesi, malzeme özelliklerinin doğru tanımlanmasıyla ilişkilidir. Zemin etüdü için yapılan sondajların uygun sayıda, derinlikte ve kalitede yapılması, örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin yeterli sayıda alınması, arazi ve laboratuvar testlerinin yapılması yani malzeme özelliklerinin doğru belirlenmesi gerekir. Zemin özelliklerinin ayrıntılı olarak tanımlanması, yapılan simülasyonla gerçeğe yakın sonuçlar bulunmasını belirlemektedir.

Ankara kili koşullarında, bu derinlikte bir kazı yapıldığında drenajsız koşullarda tarihi yapı temel sistemlerinin güvenli kaldığı görülmüştür. Ancak zemin koşulları Ankara kili kadar sert olmayan, yumuşak - orta katı bir kil tabakası özellikleri taşıdığına, deformasyonların zararlı boyutlara ulaştığı ve yapı güvenliğinin tehlike sınırlarına gireceği gözlenmiştir.

Mevcut zemin koşullarında, yapılan kazının, tarihi yapı temellerine çok önemli bir etkisi olmadığı, güvenli sınırlarda kaldığı görülmüş, zemindeki gerilmelerin kazı bölgesinde yoğunlaştığı ancak yapıya zarar verecek boyutlarda olmadığı görülmüştür. Sonuçlar gerçek uygulamayla örtüşmüştür.

Ayrıca mevcutta yapılan kazının farklı derinlik ve genişlikteki durumları da analiz edilmiştir. Ankara kili davranışına uygun olarak; zeminde kazı derinliği ve genişliği artmasına rağmen yenilme ve taşıma gücü kaybı görülmemiş, güvenlik katsayısı 2 'nin üzerinde kalmış, kazı bölgesinde bir miktar kabarma görülmüştür.

Ankara kili özelliklerine uygun olarak, kazı derinliği ve genişliği arttıkça yenilme mekanizmasından önce zeminin kabarma durumuyla karşılaşmıştır. Benzer özelliklerdeki zemin gruplarında kazı ve hafif yapılar için kabarma durumlarının da göz önünde bulunması gerekliliği görülmüştür.

Orta katı ve yumuşak zemin koşullarında tarihi yapı temelleri çevresinde yapılacak kazılarda, zeminle ilgili testler hassasiyetle yapılmalı, kazı güvenliği için gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır.

3. SONUÇ

Tarihi yapıların korunarak geleceğe taşınması, tüm toplumlar için bir görev ve sorumluluktur. Bu eserlerin geleceğe aktarılması esnasında kendi mimari ve mühendislik özelliklerinin korunması gerekir. Gelecek nesillere aktarılmak üzere tüm bu türdeki yapılara bakım, onarım, restorasyon ve güçlendirme işlemleri uygulanabilir. Bunlar uygulanırken yapının diğer tüm özellikleri gibi temellerinin güçlendirilmesi de tarihi dokusu korunarak yapılmalıdır.

Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi ülkemizdeki önemli tarihi yapılardan biridir. Yeni Türk Mimarisinin önemli eserlerinden biri olan yapı, zamanımıza kadar yapıma amacına uygun olarak kullanılmıştır. Büyük afetler geçirmemesi nedeniyle geniş ve büyük onarımlar görmemiştir. Günümüzde de işlevini tüm kapasitesi ile (gözlem kulesi hariç) sürdürmektedir.

Gazi Üniversitesi Rektörlük Hizmet Binası olarak kullanılan tarihi yapıda temelin altına sızan suların ve bodrum kat duvarlarının nemlenme probleminin yapıya zarar vermemesi için 2013 yılında taban drenajı çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında yapının doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu cepheleri kazılarak temel seviyesine inilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada hasır donatılı betonarme duvarlar yardımıyla drenaj çukurunun stabilitesi sağlanarak, yeni bir drenaj sistemi oluşturulmuştur.

Gazi Üniversitesi Rektörlük binasının oturduğu Ankara kilinden daha yumuşak, kohezyon ve elastisite modülünün daha düşük olduğu zemin modelinde yapılan kazı modellemesinde ise temel sisteminin deplasmanının arttığı, güvenlik katsayısının tehlikeli seviyelere düştüğü görülmüştür.

Tarihi yapıların korunması ve gelecek çağlara aktarılması için uluslararası kurallara ve yapının ruhuna uygun müdahale ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu çalışmalar programlanmadan önce yapı ve zeminle ilgili mümkün olduğu kadar çok veri toplanmalı, deneyler ve

ölçümlerle mevcut durumun tam olarak ortaya konulması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Uluslararası anıtlar ve sitler konseyi [İnternet]; 2019,[Son Erişim Tarihi 2019 Mart 17]. Erişim adresi: <http://www.icomos.org.tr/>
- [2] Sarı, MS. Temellerin takviyesi ve uygulamadan örnekler [Yüksek lisans tezi]. İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2008.
- [3] Erköseoğlu, G. Kültürel mirasın depremden korunması ve turizme kazandırılması amacı ile uygulanabilecek güçlendirme teknikleri, [Uzmanlık Tezi]. Ankara. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü; 2012.
- [4] Mahrebel, H A.. Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri [Yüksek lisans tezi]. İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2006.
- [5] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü [İnternet]; 2019, [Son erişim tarihi 2019 Mart 17]. Erişim adresi: <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varlig-.html>
- [6] Güler, K. Sağlamer, A. Celep, Z. and Pakdamar, F. Structural and earthquake response analysis of The Little Hagia Sophia Mosque. World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada: 2004. p.2652.
- [7] Hrasnica, M. Zlatar, M. Kulucija, S. Humo, M. and Madzarevic, M. Seismic strengthening and repair of typical stone masonry historical buildings in Bosnia and Herzegovina. 8 th International Masonry Conference, Dresden, Almanya: 2010. p. 1-10.
- [8] Hrasnica, M. and Medic, C. Seismic strengthening of historical stone masonry structures in Bosnia Herzegovina. 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal: 2012. p. 12621-12628.
- [9] Bosnian Institute [İnternet]; 2019, [Cited at 2019 June 22]. Available from: http://www.bosnia.org.uk/news/news_body.cfm?newsid=2373
- [10] Romera, LE. Hernandez, S. Reinoso, JM. Numerical characterization of the structural behaviour of the Basilica of Pilar in Zaragoza (Spain). Part 1: Global and local models. Advances in Engineering Software. 2008;39(1);301–314.
- [11] Burland, J B. Jamiolkowski, M. Viggiani, C. The stabiliation of the leaning Tower of Pisa. Soils and Foundations. Japenese Geotecnical Society. 2003;43(5);63-80.
- [12] [Rampello, S. Callisto, L. A study on the subsoil of the Tower of Pisa based on results from standard and high-quality samples. Canadian Geotecnical Journal. 2011;35(6);1074-1092.
- [13] Karadayılar, T. Durgunoğlu, T. Konya AlaeddinCamii temel zemini davranış modellemesi. 3rd National Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. İstanbul. Boğaziçi University: 1990. p. 401-418.
- [14] Abicel, MR. Konya Alaeddin Camii'nde yapılan onarımlar ve zemin güçlendirme çalışmaları ile Alaeddin Tepesinin sorunları. Restorasyon ve Vakıfların Sosyal Etkileri Semineri, Ankara: 1987. p. 27-51.
- [15] Kaltakçı, MY. Temizci, S. Konya Alaeddin Camii'nde yapılan zemin iyileştirme ve temel güçlendirme çalışmaları ile Alaeddin Tepesinin sorunları. İnşaat Mühendisleri Odası İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu, İzmir: 1991. p. 13-25.
- [16] Plaxis [İnternet]; 2019, [Cited at 2019 September 30]. Available from: (2019). <https://www.plaxis.com/product/plaxis-2d/>
- [17] Yıldız, L. Donatıyla güçlendirilmiş şevli zemine oturan yüzeysel temel analizi [Yüksek lisans tezi], Adana. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: 2005.
- [18] Selçuk, E. Tarihi yapıların temel sistemlerinin güçlendirilmesi, [Yüksek lisans tezi], Ankara. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: 2019.
- [19] Yılmaz, U. Ankara kilinin (Çankaya-Ankara) sıkışma-kabarma özelliklerinin incelenmesi, [Yüksek lisans tezi], Isparta. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: 2006.
- [20] Görmen, G. Ankara ili Yenimahalle ilçesi Gazi Üniversitesi zemin etüd raporu. Ankara. Yeni Bayındır Mühendislik Jeoteknik: 2013
- [21] Erol, AO. Çekinmez, Z. Geoteknik mühendisliğinde saha deneyleri. Ankara. Yüksel Proje Yayınları: 2014.



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

www.dergipark.gov.tr/tdfd



İç ve Dış Mekanlarda Ahşap Malzemelerin Mobilya ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı

Mehmet ÇOLAK¹, Selim DEĞİRMENTEPE^{2*}

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Bingöl, Türkiye

Mehmet ÇOLAK ORCID No: 0000-0003-4780-587X

Selim DEĞİRMENTEPE ORCID No: 0000-0002-3686-4551

*Sorumlu yazar: sdegirmentepe@bingol.edu.tr

(Alınış: 02.09.2020, Kabul: 08.10.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler

Ahşap,
Kompozit,
İç Mekân,
Dış Mekân,
Mobilya,
Yapı

Öz: Bu araştırmada, iç ve dış mekânlarda ahşap malzemelerin mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Aynı zamanda araştırmanın amacına uygun olarak ahşap malzemelerin üreticileri, sektördeki girişimcileri ve üretim miktarları hakkında araştırmalar yapılmıştır. Araştırma neticesinde, iç ve dış mekânlarda kullanılan mobilya ve yapılarda ahşap malzemelerin kullanım imkânları ve sektördeki üreticiler, girişimciler ve ahşap malzemelerin üretim miktarları hakkında veriler elde edilmiş ve elde edilen bilgiler neticesinde değerlendirilmelerde ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Elde edilen veriler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda; iç ve dış mekânlarda mobilya ve yapılarda kullanılan malzemelerde, ahşap malzemelerin kullanım olanaklarının sahip olduğu avantajlı özellikleri ile birlikte çok fazla olduğu görülmektedir. Ahşap malzemeler hakkında bazı olumsuz algılar ve iyi tanıtılmadığı gibi durumlar olmasına rağmen ahşap malzemelerin doğru tanıtılması, kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması sayesinde bu problemler en aza indirgenebilir. Üreticinin, üretimin, girişimin teşvik edilmesi ve desteklenmesi önem arz etmektedir.

The Use of Wood Materials As Furniture and Building Material in Interior and Outdoor Spaces

Keywords

Wood,
Composite,
Interior,
Outdoor,
Furniture,
Building

Abstract: In this study, the possibilities of using wood materials as furniture and building materials in interior and outdoor spaces and producers, entrepreneurs in the sector and production quantities of wood materials were investigated. As a result of the research, information about the usage possibilities of wood materials in furniture and buildings used in interior and outdoor spaces and producers, entrepreneurs in the sector and production quantities of wood materials have been obtained. In light of the information obtained, evaluations and solution suggestions were made. As a result of the obtained data and evaluations; It seems that the usage possibilities of wood materials are very high in the materials used in furniture and buildings in interior and outdoor spaces. These problems can be minimized by introducing, promoting and disseminating of wooden materials despite some negative factors about wood materials. In this regard, producers, entrepreneurs and production of wooden materials should be encouraged and supported.

1. GİRİŞ

Ahşap, kaynağı doğal, çevre dostu, estetik, yenilenebilir, tekrardan kullanılabilen, sürdürülebilir, atık oluşturmayan ve bütün bunlarla beraber tam anlamıyla bir mühendislik malzemesidir [1]. Aynı zamanda ahşap, hammaddesi kolay bulunabilen, hafif, dayanıklılığı oldukça yüksek ve işlenerek şekillendirilmesi kolay olan bir malzemedir [2].

Malzemenin tanımı ise; bazı ön işlemler sonrasında belirli bir amacı yerine getirmek ve ihtiyaçlarımızı karşılamak amacı ile kullanılan her çeşit maddeye malzeme denir [3].

Mobilya ve yapı üretiminde kullanılan malzemelerin, üretilecek olan ürünün kullanım yeri ve amacına uygun olması ve istenilen işlevleri yerine getirmesi beklenmektedir. Bu maksatla, yapılar kullanılan geleneksel malzemelerin haricinde teknolojik ilerlemeler

sonucunda ortaya çıkan ahşap esaslı malzemeler de bulunmaktadır. Geleneksel ahşap malzemelerin belirli işlemlerden geçirilerek özelliklerinin iyileştirilmesi ve teknoloji sayesinde ahşap esaslı yeni malzemeler üretilmesi orijinal ürünlerin ortaya çıkmasına imkan sağlamaktadır [4].

Ahşap malzemeler; masif ahşap ve lif levha, kontrplak, kontrtabla, OSB (Oriented Strand Board), kaplama, yonga levha gibi ahşap kompozit malzemeleri ifade etmektedir.

Genel anlamda mobilya ve yapılarda kullanılan malzemeler;

- 1- Ahşap malzemeler,
- 2- Metal malzemeler,
- 3- Tekstil ürünleri,
- 4- Doğal ve suni deri,
- 5- Plastik malzemeler olarak sıralayabiliriz [4].

Ahşap malzemeler; karakteristik özelliklerinde hiç bir değişik yapılmadan elde edilen doğal ahşap yada masif ahşap malzeme ve teknolojiye dayanarak faydalanılarak karakteristik özellikleri değiştirilerek daha iyi bir kullanım için geliştirilen yapay ahşap yada ahşap esaslı malzeme olarak iki farklı şekilde elde edilmekte ve mobilya ve yapı elemanları olarak kullanılmaktadırlar [5]. Bir başka deyişle, mobilya ve yapı elemanlarının üretiminde kullanılan ahşap malzemeler, doğal olarak elde edilen masif ahşap malzeme ve MDF, kontrplak, OSB, yonga levha gibi ahşap esaslı malzemeler veya ahşap kompozit malzemelerdir.

1.1. Masif Ahşap Malzeme

Ağacın kesim işleminden sonra kurutma ve biçme işlemleri yapılarak ve başka bir işlem yapmaksızın elde edilen ahşap malzemeye doğal ya da masif ahşap denir [6].

Masif ahşap; mobilya ve yapı elemanı, müzik aleti, dekorasyon vb. işlerde ve yonga levha, kontrplak, kâğıt vb. olarak kullanım sağlamaktadır [7].

Masif ahşap malzemelerin; kullanım fonksiyonuna, amacına, yerine gibi durumlara göre ahşabın kalite sınıfı seçimi, kurutması, emprenye işlemi, birleştirme tekniği doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir [7].

1.2. Ahşap Kompozit Malzeme

Genel olarak kompozit, iki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesi ile meydana gelen malzemelere denir [8]. Odun kompozitleri ise, odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile belirli yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir. Lamine malzemelerden lif levhaya kadar geniş bir yelpazeye sahip olan kompozitler levha ürünler, yapısal ürünler, lamine edilmiş elemanlar, kalıpla şekil verilmiş ürünler ve odun ve odun dışı malzemeler ile oluşturulan ürünleri ifade etmektedir [9,10].

Kompozit ürünlerin kullanım alanı mobilya ve yapı sektöründe, gerek kapalı gerek açık ortamlarda çok geniştir. Kompozit ürünlerin özellikleri, kullanılan teknolojik makine ve malzemeler ile rutubet, yangın, bitkisel ve hayvansal zararlılar gibi olumsuz özellikleri ortadan kaldırarak dayanımını arttırmak amacı ile yapılan işlemler sayesinde geliştirilebilmektedir. Beraber gruplandırılan MDF, kontrplak, yonga levha gibi bazı kompozit ürünler "Engineered Wood Products" ya da kısa adıyla "EWP" olarak isimlendirilmektedir [10,11].

Literatürde, odun kompozitlerine ait çok farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Odun kompozitleri sınıflandırılması Tablo 1'de verilmektedir [10].

Tablo 1. Ahşap kompozit malzemeler

Levha Ürünleri
Kontrplak
Kontrtabla
Yonga levha [Yonga levha (particleboard), Etiket yonga levha (waferboard), Şerit yongalı levha (flakeboard), OSB (orientedstrand board)]
Lif levha (MDF, HDF, İzolasyon levhası)
Yapısal Kompozitler
Yapısal kompozit keresteler [PSL (ParallelStrandLumber), LSL (LaminatedStrandLumber), OSL (OrientedStrandLumber), LVL (LaminatedVeneerLumber), GLULAM (GluedLaminatedTimber)]
Yapısal levha ürünleri [Yapısal kontrplaklar, yapısal flakeboardlar (waferboard, OSB)]
Ahşap kirişler
COM-PLY keresteler
Mekanik Olarak Lamine Edilmiş Elemanlar
Kalıplanmış Ürünler (Molded Products)
Odun-Odun Dışı Ürün Kompozitleri
Bağlayıcı olarak inorganik maddelerin kullanıldığı kompozitler (Alçılı levhalar, magnezyum çimentolu levhalar, portland çimentolu levhalar)
Odun lifi - termoplastik kompozitleri (Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tipi kompozitler)

1.3. Ahşap Malzemelerin Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanım imkânı yüksek olan ahşap malzemelerin bazı olumlu ve olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Yapı ve mobilyaların üretiminde kullanılan ahşap malzemelerin, diğer kullanılan malzemelere tercih edilme sebebi olan avantajları ve olumsuzluklara sebep olan dezavantajlar aşağıda verilmiştir.

Avantajlar;

- 1) Ahşap malzemeden yapılan binalarda, çelik, beton gibi malzemelere göre daha az ağırlığa sahip olduğu için temel üzerindeki ağırlığın az olması,
- 2) Aşırı sıcak ve soğuk yerlerde kohezyon gücüne sahip olması,
- 3) Kaynağı yenilenebilir bir malzeme olması,
- 4) Yangın sırasında yanmaya karşı yüksek dayanıma sahip olması,
- 5) Çok fazla renk ve değişik görünüş seçeneğinin olması,
- 6) Yapı ve mobilyalarda kusur oluşan yerlerin kolaylıkla değiştirilebilmesi,

- 7) Kondenzasyona yol açmaması,
- 8) Makine ve el aletleri ile işlenmesinin kolay olması,
- 9) Özgül ağırlığına bakıldığında, diğer malzemelere kıyasla daha yüksek dirence ve taşıma gücüne sahip olması,
- 10) Esnek hale getirilebilmesi,
- 11) Elektrik dayanımının fazla olması,
- 12) Üst yüzey işlemleri ile estetik açıdan daha cazip hale getirilebilmesi,
- 13) Ani etkileri soğurması,
- 14) İyi bir ısı yalıtkanı olması,
- 15) Aralıksız gerçekleşen gerilmelerin etkisi altında kristalleşmesi ve gevrek hale gelmesi,
- 16) Çivi ve vida tutma kabiliyetinin yüksek olması,
- 17) İmalat ve nakliyesinin basit ve hesaplı olması,
- 18) Ses absorpsiyonu sağlaması,
- 19) Kimyasallara karşı direncinin olması,
- 20) Uzun süre kullanılması neticesinde renginin koyulaşarak eskitme görüntüsü alması,
- 21) Korozyona maruz kalmaması olarak sıralanabilir [4].

Ahşap malzemelerin bu kadar avantajlı özelliğinin yanında bazı olumsuz özellikleri de vardır. Bu olumsuz özelliklere; bitkisel ve hayvansal zararlılar tarafından tahrip edilebilmesi, yanabilen bir malzeme olması, rutubet alışverişi yaparak çalışması, renk değişikliği olabilmesi, budak, çatlak gibi direnci azaltıcı kusurlar içermesi gibi durumlar söylenebilir [7]. Ancak; kurutma, ısı işlem, emprenye işlemleri gibi koruma yöntemleri ve teknolojik gelişmeler sayesinde elde edilen ahşap ürünleri çeşitleri ile bu dezavantajlar en aza indirgenmeye çalışılmaktadır.

1.4. Mekân Kavramı

Mekân; insanı çevreden belirli bir ölçüde ayıran, insanların bulunduğu yerin içinde eylemlerini devam ettirmesine imkân tanıyan ve gözleyen kişiler tarafından sınırları belirlenebilen boşluk olarak tanımlanabilir [12].

Mekânın ögeleri ise; karma, yapay ve doğal mekân olarak sınıflandırmasının dışında, fiziki bir yerin belirli bir kısmının duvar ve tavanla örtülmesiyle oluşan yere iç mekân, bunun haricindeki bölüme ise dış mekân denilmektedir [13].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Literatürde taranan kaynaklar aracılığı ile ahşap malzemeler hakkında bilgiler ve ahşap malzemelerin iç ve dış mekânlarda mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanımını araştırılarak elde edilen veriler kullanılmıştır. Elde edilen bilgi ve veriler ile ahşap malzemenin özellikleri, çeşitleri, avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir. Aynı zamanda, ahşap malzeme üreticileri, sektöre yıllık girişimler ve üretim miktarları hakkındaki bilgiler için TÜİK, TOBB gibi kurumlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Burada ise; Türkiye'deki ahşap malzeme üreticilerinin sayıları, üreticilerin genel imalat sektöründeki oranı, ahşap malzeme üretiminde sektöre yıl bazında girişimde bulunanların sayıları ve ahşap

malzemelerin malzeme türüne göre m², m³, kg ve adet cinsinden üretim hacimleri elde edilmiştir.

2.2. Metot

Literatürde taranan kaynaklar ve TÜİK, TOBB gibi kurumlardan elde edilen veriler aracılığı ile ahşap malzemelerin kullanım imkânları araştırılmış ve ahşap malzemelerin mobilya ve yapılarada kullanım olanakları hakkında analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Aynı zamanda; ahşap malzeme üreticileri, sektördeki girişimcileri ve ahşap malzemelerin üretim miktarları ile ilgili analizler yapılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Son olarak; yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda bazı öneriler verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Ahşap Malzemelerin İç ve Dış Mekânlarda Kullanımı

İç ve dış mekânlarda, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden birçok değişik amaçlarla faydalanılmaktadır. Ahşap malzemeler, iç ve dış mekânlarda gerek mobilyalarda gerekse yapı malzemelerinde kullanım imkânları oldukça yüksek malzemelerdir.

Mobilya ve yapı malzemelerinin seçiminde kullanım amacı, yeri, işlevi, maliyeti gibi göz önünde bulundurulacak faktörler vardır. Bu sebepten dolayı mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanılacak olan ahşap malzemeler bu faktörlere göre belirlenir. Ahşap malzemeler, masif ahşap, yonga levha, OSB, lif levha, LSL, lamine ahşap gibi ürün çeşitliliği ile bu faktörleri karşılayabilecek olanaklara sahiptir. Örneğin; mobilya olarak sandalye ya da yapı ürünü olarak merdiven hem iç mekânda hem dış mekânda kullanılabilen bir ürün çeşididir. Ancak; iç mekânda kullanılan bir sandalye ya da merdiven ile dış mekânda kullanılan bir sandalye ya da merdiven arasında ahşap malzeme çeşidi, üst yüzey işlemleri ve kurutma, emprenye gibi koruma yöntemleri farklılık gösterir.

3.2. Ahşap Malzemelerin Mobilya Malzemesi Olarak Kullanımı

Mobilya üretiminde kullandığımız ağaç kökenli malzemeleri sınıflandırmak istediğimizde; yonga levha, kontrplak, plastik kaplı veya reçine emdirilmiş dekoratif levhalar, masif, lif levha, kaplama levha, kâğıt ve kontratla olarak ele alabiliriz [4].

Günümüz şartlarında masif ahşap malzemenin olumsuz özelliklerini iyileştirmek ve ahşap esaslı malzemeleri imal etmek teknoloji ve ekonomik koşullar nedeniyle zorunlu hale gelmiştir. Bu sebeple, mobilya ve yapı üretiminde kullanılan masif ahşap malzeme yerine alternatif ahşap esaslı malzemeler de üretilmiştir. Türkiye'de üretimi gerçekleştiren lif levhaların %70'i, yonga levhaların %80'i mobilya imalatında kullanılmaktadır [4].

Kısa imalat süresine ve kolay kullanıma sahip olan ahşap esaslı malzemeler, yeni bir dönem açtığı seri mobilya imalatında, teknolojik ve ekonomik şartların ön planda olduğu endüstriyel olarak imal edilen mobilyalarda ve estetik faktörlerin göze çarptığı ısmarlama mobilyaların üretiminde kullanılmaktadır [4].

Ahşap malzemeler, iç mekân mobilyalarında kullanıldığı gibi dış mekân mobilyalarında da kullanım yeri dikkate alınarak doğru malzeme seçimi ve koruma yöntemi uygulandığı takdirde rahatlıkla kullanılabilir malzemelerdir.

İç ve dış mekânlarda ahşap malzemeler, koltuk, masa, sandalye, vestiyer, bank, sehpa gibi bütün mobilyalarda kullanılabilir. Mobilyaların kullanım yeri, amacı, işlevi gibi faktörlere dikkat edilerek malzeme seçilmesi ve koruma yöntemleri kullanılması önem arz etmektedir.

3.3. Ahşap Malzemelerin Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı

Ahşap, eski tarihlerden beri yapı malzemesi olarak kullanılan geleneksel bir malzemedir. Günümüzde de yapı sektörü içerisinde teknolojik ilerlemelerle beraber ahşap malzemeler yerini korumakta ve önemini arttırmaktadır [6,14].

Ahşap malzemeler; üretim kalitesi, çatlak, budak, yıllık halka genişliği gibi durumlarına bakılarak belirli standartlar çerçevesinde kalite bakımından sınıflandırılabilir. Bu sebepten dolayı yapılarda kullanılacak olan ahşap malzemenin çeşidi, özellikleri, kullanım yeri, işlevi ve tahmin edilen kullanım ömrüne göre seçilerek kullanılması gerekmektedir [14,15].

Ahşap malzemeler, doğal ahşap ya da masif ahşap malzeme ve yapay ahşap ya da ahşap esaslı malzeme şeklinde yapı üretiminde kullanılmaktadır. Yapı elemanı imalatında ahşap malzemeler, diğer kullanılan malzemelere göre daha basit üretilebilmektedir. Ahşap, diğer yapı elemanlarına kıyasla üretim safhasında daha az enerji tüketimi sağlamaktadır. Bu durum sayesinde yapı üretiminde çok yüksek enerji tasarrufu sağlanmaktadır [14].

Ahşap malzemelerin yapılarda kullanım yerlerine bakıldığında; iskelet sistemi, sütun, dış cephe, duvar, çatı, merdiven, kapı ve pencere, köprü gibi iç ve dış mekânlarda taşıyıcı, kaplama, doğrama ve pano elemanı olarak kullanım imkânları mevcuttur. Yapılarda ahşap malzemelerin kullanım olanakları incelendiğinde, doğal ve yapay ahşap malzemelerin yapı malzemesi olarak yapının her yerinde kullanım alanının olduğunu söylemek mümkündür.

3.3.1. Doğal ahşap yapı malzemeleri

Ağacın kesim işleminden sonra kurutma ve biçme işlemleri yapılarak ve başka bir işlem yapmaksızın elde edilen ahşap malzemeye doğal ya da masif ahşap denilmektedir. Genel olarak, yapıda kullanılan masif ahşap malzeme; kaplama, doğrama, taşıyıcı, kalıp ve

bölücü elemanlar olarak kullanılmaktadır. Doğal ahşap malzemenin yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanıldığında 5 metre ve üzeri açıklıklarda boyutları sınırlı kalmaktadır. Yapılarda kullanılan ahşap elemanlar geçme, tutkal, çivi ve son zamanlarda yaygın hale gelen çelik bağlantı elemanlarıyla uygulanmaktadır [6].

Ağacın kesilip dal, budak vb. şeylerden temizlenen, kabuğu soyulan ve istenilen boyutlara getirilmek için biçilmeye hazır olan silindir biçimindeki ağaç malzemeye tomruk denilmektedir. Ahşap malzemeler, yapılarda yüksek dayanıma sahip tomruk olarak ya da kullanıma göre istenilen ölçülerde biçilerek kullanılabilir. Tomruklar direk, payanda, destek ve kazık olarak köprü ve iskele gibi büyük yapılarda kullanılırken tomrukların biçilmesiyle temin edilen elemanlar ise kalas, çita, dikme, tahta, kadron ve kiriş olarak yapılarda kullanılmaktadır [15].

Yapılarda kullanılan doğal ahşap malzemenin belirli standartlara göre belirlenmiş kalite sınıfları ve bu kalite sınıflarına göre direnç derecelendirmeleri bulunmaktadır. Bu kalite sınıfları ve özellikler Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Doğal ahşap yapı malzemenin kalite sınıfları

Kalite Sınıfı	Özelliği
I. Kalite	Yüksek taşıma kabiliyetli ahşap yapı
II. Kalite	Normal taşıma kabiliyetli ahşap yapı
III. Kalite	Az taşıma kabiliyetli ahşap yapı

3.3.2. Yapay ahşap yapı malzemeleri

Yapılarda, ahşap malzemelerin kullanım imkânlarını arttırmak amacı ile teknolojinin gelişimi sayesinde ahşap malzemelerin istenilen form ve şekilde üretimini sağlamak ve direncini arttırmak için yapay ahşap ya da ahşap esaslı malzemelerin üretimi gerçekleştirilmektedir [6].

Yapay ahşap malzemeler, mobilya ve kiriş, kolon, sütun, duvar, çatı, kapı ve pencere gibi birçok yerde yapı elemanı olarak malzeme bakımından kullanım sağlamaktadır. Yapılarda taşıyıcı olarak görev yapan ahşap malzemeler laminasyon tekniği kullanılarak istenilen uzunlukta, form ve şekilde tek parça halinde üretilebilmektedir. Laminasyon yöntemi, aynı ya da farklı materyalden iki ya da daha fazla tabakanın belirli yapıştırıcılar kullanılarak birbirine yapıştırılması ile elde edilen malzemelere denir. Laminasyon yöntemi ile taşıyıcı olarak kullanılan yapay ahşap elemanlar, büyük açıklıklarda kullanılmak üzere uygun boyutlarda ve direnci yüksek olacak şekilde üretilebilmektedir. Bu şekilde, yapılarda doğal ahşap malzemelerin karşılayamadığı özellikleri yapay ahşap malzemeler ortadan kaldırmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle elde edilen makineler ve malzemeler sayesinde üretilen ahşap malzemeler modern bağlantı elemanlarının yardımıyla yüksek ve çok katlı yapılar üretilebilmektedir [14,16]. Örnek olarak; 2019 yılında Norveç’te Mjøsa Kulesi adını taşıyan 18 katlı ve 80 metre yüksekliğinde ahşap bina inşa edilmiştir.

3.4. Türkiye’de Ahşap Malzemelerin Üreticileri ve Üretimi

Ahşap malzemelerde üretim sektörü, imalat sanayi alt grupları içerisinde “Ağaç, Ağaç Ürünleri ve Mantar Ürünleri İmalatı (Mobilya Hariç) ; Saz, Saman ve

Benzeri Malzemelerden Örülerek Yapılan Eşyaların İmalatı” ana mal grubu adı altında yer almaktadır. Sektörün ana ve alt mal grupları imalatı NACE Rev2 kodlamasına göre üretim kodu ve faaliyet adlarıyla Tablo 3’de sırasıyla aşağıda verilmektedir [17,18].

Tablo 3. Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç) ana ve alt mal grupları imalatının üretim kodları ve faaliyet adları

ÜRETİM KODU	FAALİYET ADI
16	AĞAÇ, AĞAÇ ÜRÜNLERİ VE MANTAR ÜRÜNLERİ İMALATI (MOBİLYA HARIÇ); SAZ, SAMAN VE BENZERİ MALZEMELERDEN ÖRÜLEREK YAPILAN EŞYALARIN İMALATI
16.10	AĞAÇLARIN BIÇILMESİ VE PLANYALANMASI
16.21	AHŞAP KAPLAMA PANELİ VE AĞAÇ ESASLI PANEL İMALATI
16.22	BİRLEŞTİRİLMİŞ PARKE YER DÖŞEMELERİNİN İMALATI
16.23	DİĞER BİNA DOĞRAMACILIĞI VE MARANGOZLUK ÜRÜNLERİNİN İMALATI
16.24	AHŞAP KONTEYNER İMALATI
16.29	DİĞER AĞAÇ ÜRÜNLERİ İMALATI; MANTARDAN, SAZ, SAMAN VE BENZERİ ÖRME MALZEMELERİNDEN YAPILMIŞ ÜRÜNLERİN İMALATI

TOBB ve TÜİK verileridir.

3.4.1. Türkiye’de ahşap malzemelerin üreticileri

Mobilya ve yapı imalatında kullanılan ahşap malzemelerin imalatını yapan işletmeler, sektörde “16” NACE kodu ve “Ağaç, Ağaç Ürünleri ve Mantar

Ürünleri İmalatı (Mobilya Hariç)” faaliyet adı ile ana mal ve alt mal grubuna ait 2014-2018 yılları arasında faaliyet gösteren üretici sayıları, üretim kodu ve faaliyetlerine göre sırasıyla Tablo 4’de verilmektedir [18].

Tablo 4. Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç) ana mal ve alt mal grubuna ait üretici sayıları

ÜRETİCİ SAYILARI						
KOD	FAALİYET	YILLAR				
		2014	2015	2016	2017	2018
16.10	Ağaçların Biçilmesi ve Planyalanması	5.571	4.827	4.761	4.751	4.718
16.21	Ahşap Kaplama Paneli ve Ağaç Esaslı Panel İmalatı	411	400	404	406	417
16.22	Birleştirilmiş Parke Yer Döşemelerinin İmalatı	58	47	53	52	53
16.23	Diğer Bina Doğramacılığı ve Marangozluk Ürünlerinin İmalatı	17.459	17.288	17.349	17.410	17.352
16.24	Ahşap Konteyner İmalatı	1.657	1.656	1.742	1.684	1.748
16.29	Diğer Ağaç Ürünleri İmalatı; Mantardan, Saz, Saman ve Benzeri Örme Malzemelerinden Yapılmış Ürünlerin İmalatı	1.320	1.413	1.568	1.676	1.712
TOPLAM		26.476	25.091	25.887	25.979	26.000

TÜİK verileridir.

Tablo 4’deki alt mal grubuna ait üretici sayılarının toplamına bakıldığında ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı ana mal grubuna ait üretici sayıları bulunmaktadır. Ahşap malzemelerin üretiminde faaliyet gösteren işletme sayısı yıllar itibari ile inişli çıkışlı bir seyir göstermektedir. 2014 yılından 2015 yılına geçtiğimizde ahşap malzemelerin üretimini yapan işletmelerde bir düşüş yaşanmaktadır. 2015 yılından sonra diğer yıllara geçişte devamlı artış yaşanmasına

rağmen 2014 yılındaki üretici sayısına ulaşamamaktadır.

Genel imalatta 2014-2018 yılları arasında faaliyet gösteren üretici sayıları ve “Ağaç, Ağaç Ürünleri ve Mantar Ürünleri İmalatı (Mobilya Hariç)”ana mal grubuna ait üretici sayılarının genel imalata oranları Tablo 5’de verilmektedir [18].

Tablo 5. Genel imalat üretici sayıları ve genel imalata oran

ÜRETİCİ SAYILARI					
FAALİYET	YILLAR				
	2014	2015	2016	2017	2018
Genel İmalat	409.440	411.819	424.071	428.625	442.601
Ağaç, Ağaç Ürünleri Ve Mantar Ürünleri İmalatı (Mobilya Hariç)	26.476	25.091	25.887	25.979	26.000
Genel İmalata Oran	6,47	6,09	6,10	6,06	5,87

TÜİK verileridir.

Tablo 5’de genel imalata bakıldığında işletme sayıları yıllar itibari sürekli bir artış sağlamaktadır. Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç) ana

mal grubuna ait üretici sayılarının genel imalata oranları ise 2014 yılından 2018 yılına kadar devamlı düşüş göstermektedir.

3.4.2. Ahşap malzemelerin üretiminde yıllık girişim sayısı ve üretim miktarı

“Ağaç, Ağaç Ürünleri ve Mantar Ürünleri (Mobilya Hariç)”. ana mal grubu altında bulunan imalat gruplarında 2014-2018 yılları arasında gerçekleşen yıllık girişimde bulunan işletmelerin sayısı ve bu işletmelerin

üretim miktarları istatistikleri çizelgeler halinde aşağıda belirtilmektedir.

“16.10” NACE kodu ve “Ağaçların Biçilmesi ve Planyalanması” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 6’da verilmektedir [18].

Tablo 6. Ağaçların biçilmesi ve planyalanması ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.10.10	Girişim sayısı	148	138	189	175	174
	Üretim Miktarı	(2)*	(2)*	(2)*	(2)*	(2)*
16.10.21	Girişim sayısı	35	40	54	45	46
	Üretim Miktarı (Kg)	47.653.731	61.894.004	83.953.236	117.487.101	166.858.191
16.10.22	Girişim sayısı	6	7	6	6	6
	Üretim Miktarı	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*
16.10.23	Girişim sayısı	26	24	29	36	48
	Üretim Miktarı (Kg)	51.911.617	73.870.529	74.286.786	139.987.436	274.826.820
16.10.31	Girişim sayısı	13	11	3	4	4
	Üretim Miktarı (m ³)	50.022	57.931	36.541	39.253	39.058
16.10.32	Girişim sayısı	3	2	1	1	1
	Üretim Miktarı	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*
16.10.39	Girişim sayısı	16	14	22	20	19
	Üretim Miktarı (m ³)	66.972	92.209	138.112	126.736	148.072
16.10.91	Girişim sayısı	20	17	31	25	25
	Üretim Miktarı	(2)*	(2)*	(2)*	0	(2)*
TOPLAM	Girişim sayısı	267	253	335	312	323
	Üretim Miktarı (Kg)	99.565.348	135.764.533	158.240.022	257.474.537	441.685.011
	Üretim Miktarı (m ³)	116.994	150.140	174.653	165.989	187.130

(1)* Gizli Veri (2)* Uygulanamamıştır Kg: Kilogram m³: Metreküp

Tablo 6’daki alt mal grubuna ait girişim sayılarının toplamına bakıldığında ağaçların biçilmesi ve planyalanması ana mal grubuna ait girişim sayıları bulunmaktadır. Ağaçların biçilmesi ve planyalanması ana mal grubunda yıllık girişim sayısı 2017 yılı haricinde her yıl artış gösterdiği, yıllık üretim miktarının da hem kg hem m³ cinsinden her yıl artış sağladığı görülmektedir.

“16.21” NACE kodu ve “Ahşap Kaplama Paneli ve Ağaç Esaslı Panel İmalatı” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 7’de verilmektedir [18].

Tablo 7. Ahşap kaplama paneli ve ağaç esaslı panel imalatı ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.21.11	Girişim sayısı	5	7	4	5	5
	Üretim Miktarı (m ³)	43.671	90.433	(1)*	25.792	49.254
16.21.12	Girişim sayısı	65	71	88	101	105
	Üretim Miktarı (m ³)	1.600.313	1.849.960	2.327.381	2.753.658	3.013.792
16.21.13	Girişim sayısı	27	24	29	28	26
	Üretim Miktarı (m ³)	15.742.585	13.968.147	10.737.248	11.661.680	13.456.723
16.21.14	Girişim sayısı	50	53	56	56	54
	Üretim Miktarı (m ³)	420.343.960	441.857.221	469.644.342	508.603.676	392.412.104
16.21.21	Girişim sayısı	16	21	18	19	22
	Üretim Miktarı (m ³)	34.330.471	57.229.358	74.920	(1)*	(1)*
16.21.22	Girişim sayısı	22	18	63	64	61
	Üretim Miktarı (m ³)	153.389	(1)*	328.353	473.767	173.646
TOPLAM	Girişim sayısı	189	194	258	273	273
	Üretim Miktarı (m ³)	51.870.429	73.137.898	13.467.902	14.914.897	16.693.415
	Üretim Miktarı (m ³)	420.343.960	441.857.221	469.644.342	508.603.676	392.412.104

(1)* Gizli Veri m³: Metreküp m²: Metrekare

Tablo 7’deki alt mal grubuna ait girişim sayılarının toplamına bakıldığında ahşap kaplama paneli ve ağaç esaslı panel imalatı ana mal grubuna ait girişim sayıları bulunmaktadır. Ahşap kaplama paneli ve ağaç esaslı panel imalatı ana mal grubunda yıllık girişim sayısı her yıl artış gösterdiği, 2017 ve 2018 yıllarında aynı sayıda kaldığı görülmektedir. Yıllık üretim miktarında m² cinsinden inişli çıkış bir durum olduğu, m³ cinsinde ise

“(1)* Gizli Veri” durumundan dolayı sağlıklı bir sonuç alınmadığı belirlenmiştir.

“16.22” NACE kodu ve “Birleştirilmiş Parke Yer Döşemelerinin İmalatı” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 8’de verilmektedir [18].

Tablo 8. Birleştirilmiş parke yer döşemelerinin imalatı ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.22.10	Girişim sayısı	71	53	71	72	81
	Üretim Miktarı (m ²)	87.572.864	93.527.370	105.272.092	112.132.063	131.567.209
TOPLAM	Girişim sayısı	71	53	71	72	81
	Üretim Miktarı(m ²)	87.572.864	93.527.370	105.272.092	112.132.063	131.567.209

m²: Metrekare

Tablo 8’deki tek alt mal grubu olduğundan ait toplam girişim sayıları birleştirilmiş parke yer döşemelerinin imalatı ana mal grubuna ait girişim sayılarına eşittir. Birleştirilmiş parke yer döşemelerinin imalatı ana mal grubunda yıllık girişim sayısı 2014 ve 2016 yıllarında eşit iken 2015 yılında düşüş göstermekte ve 2017 ve 2018 yıllarında arttığı, yıllık üretim miktarının ise m²

cinsinden her yıl artış sağladığı görülmektedir.

“16.23” NACE kodu ve “Diğer Bina Doğramacılığı ve Marangozluk Ürünlerinin İmalatı” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 9’da verilmektedir [18].

Tablo 9. Diğer bina doğramacılığı ve marangozluk ürünlerinin imalatı ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.23.11	Girişim sayısı	365	385	520	526	495
	Üretim Miktarı (Ad.)	21.339.892	21.985.193	18.652.026	22.109.545	18.653.786
16.23.12	Girişim sayısı	9	8	11	12	8
	Üretim Miktarı (Kg)	55.911.082	17.466.665	(1)*	(1)*	4.602.285
16.23.19	Girişim sayısı	59	66	62	56	51
	Üretim Miktarı (Kg)	53.251.019	84.047.718	80.739.421	75.400.147	58.940.891
16.23.20	Girişim sayısı	22	21	29	28	22
	Üretim Miktarı	(2)*	(2)*	(2)*	0	(2)*
TOPLAM	Girişim sayısı	455	480	622	622	576
	Üretim Miktarı(Ad.)	21.339.892	21.985.193	18.652.026	22.109.545	18.653.786
	Üretim Miktarı (Kg)	109.162.101	101.514.383	80.739.421	75.400.147	63.543.176

(1)* Gizli Veri (2)* Uygulanamamıştır Kg: Kilogram Ad.: Adet

Tablo 9’daki alt mal grubuna ait girişim sayılarının toplamına bakıldığında diğer bina doğramacılığı ve marangozluk ürünlerinin imalatı ana mal grubuna ait girişim sayıları bulunmaktadır. Diğer bina doğramacılığı ve marangozluk ürünlerinin imalatı ana mal grubunda yıllık girişim sayısı her yıl artış gösterirken 2016 ve 2017 yıllarında sabit kaldığı, yıllık üretim miktarının ise adet cinsinden inişli çıkışlı bir süreç izlediği

görülmektedir. Yıllık üretim miktarının kg cinsinden “(1)* Gizli Veri” durumundan dolayı sağlıklı bir sonuç alınmadığı belirlenmektedir.

“16.24” NACE kodu ve “Ahşap Konteyner İmalatı” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 10’da verilmektedir [18].

Tablo 10. Ahşap konteyner imalatı ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.24.11	Girişim sayısı	162	161	173	177	170
	Üretim Miktarı (Ad.)	34.721.980	40.631.430	44.217.349	54.681.389	86.143.932
16.24.12	Girişim sayısı	*	*	*	0	1
	Üretim Miktarı	*	*	*	0	(1)*
16.24.13	Girişim sayısı	46	40	57	62	67
	Üretim Miktarı (Kg)	80.673.614	95.822.725	99.222.939	109.902.078	121.319.405
TOPLAM	Girişim sayısı	208	201	230	239	238
	Üretim Miktarı (Ad.)	34.721.980	40.631.430	44.217.349	54.681.389	86.143.932
	Üretim Miktarı (Kg)	80.673.614	95.822.725	99.222.939	109.902.078	121.319.405

(1)* Gizli Veri (2)* Uygulanamamıştır *: Kayıt yok Kg: Kilogram Ad.: Adet

Tablo 10'daki alt mal grubuna ait girişim sayılarının toplamına bakıldığında ahşap konteyner imalatı ana mal grubuna ait girişim sayıları bulunmaktadır. Ahşap konteyner imalatı ana mal grubunda yıllık girişim sayısı 2015 yılı haricinde her yıl artış gösterdiği, yıllık üretim miktarının da hem adet hem kg cinsinden her yıl artış sağladığı görülmektedir.

“16.29” NACE kodu ve “Diğer Ağaç Ürünleri İmalatı; Mantardan, Saz, Saman ve Benzeri Örne Malzemelerinden Yapılmış Ürünlerin İmalatı” ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları, üretim kodu ve parametrelere göre yıllar itibariyle Tablo 11'de verilmektedir [18].

Tablo 11. Diğer ağaç ürünleri imalatı ana mal ve alt mal grubuna ait yıllık girişim sayısı ve üretim miktarları

ÜRETİM KODU	PARAMETRELER	2014	2015	2016	2017	2018
16.29.11	Girişim sayısı	5	5	6	10	8
	Üretim Miktarı (Kg)	2.842.742	2.680.960	2.403.444	2.590.199	(1)*
16.29.12	Girişim sayısı	3	4	8	8	6
	Üretim Miktarı (Kg)	(1)*	(1)*	591.828	231.576	166.336
16.29.13	Girişim sayısı	13	9	15	14	16
	Üretim Miktarı	(2)*	(2)*	(2)*	0	(2)*
16.29.14	Girişim sayısı	51	43	60	54	55
	Üretim Miktarı	(2)*	(2)*	(2)*	(2)*	(2)*
16.29.21	Girişim sayısı	*	*	*	0	*
	Üretim Miktarı	*	*	*	0	*
16.29.22	Girişim sayısı	*	*	0	*	*
	Üretim Miktarı	*	*	*	0	*
16.29.23	Girişim sayısı	1	2	1	1	1
	Üretim Miktarı	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*	(1)*
16.29.24	Girişim sayısı	3	4	2	4	6
	Üretim Miktarı (Kg)	370.940	278.888	(1)*	222.280	569.650
16.29.25	Girişim sayısı	*	*	1	1	1
	Üretim Miktarı	*	*	(1)*	(1)*	(1)*
TOPLAM	Girişim sayısı	76	67	93	92	93
	Üretim Miktarı (Kg)	3.213.682	2.959.848	2.995.272	3.044.055	735.986

(1)* Gizli Veri (2)* Uygulanamamıştır *: Kayıt yok Kg: Kilogram

Tablo 11'deki alt mal grubuna ait girişim sayılarının toplamına bakıldığında diğer ağaç ürünleri imalatı ana mal grubuna ait girişim sayıları bulunmaktadır. Diğer ağaç ürünleri imalatı ana mal grubunda yıllık girişim sayısının yıllar itibari ile inişli çıkışlı bir süreç izlediği, yıllık üretim miktarının kg cinsinden “(1)* Gizli Veri” durumundan dolayı sağlıklı bir sonuç alınmadığı görülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu makalede, kapalı ve açık ortamlarda kullanılacak olan mobilya ve yapılarda ahşap malzemelerin kullanım imkânları hakkında bilgiler verilmektedir.

Ahşap malzemelerin dış mekânlarda kullanılmasının uygun olmadığı, yangına karşı dayanıksız olduğu, uzun ömürlü olmadığı ve ahşap malzeme kullanımının ormanları tükettiği gibi yanlış algılar mevcuttur. Bahsedilen bu durumlar ahşap malzemelerin inşaat, yapı, tasarım gibi sektörlerde veya tüketicilere iyi tanıtılmadığından kaynaklanabilmektedir. Birçok çalışmada bu durumların doğru olmadığından bahsedilmektedir. Bunlardan bazıları;

- Ahşap malzemeleri dış mekândaki düzenleme işlerinde veya mobilya ve yapı üretiminde tasarımcılar veya sektördeki diğer kullanıcıların bu malzemeyi yeteri kadar iyi bilmediği ve bu kullanıcıların ahşap malzemeleri iyi bilmesi sayesinde başarılı projeler meydana getireceği düşünülmektedir [19].
- Yapı malzemeleri arasında kaynağı yenilenebilen yegâne malzeme ahşaptır. Ahşabın yenilenebilen bir malzeme olma özelliğinin yanında az enerji tüketimi, geri dönüşebilirlik ve yalıtım gibi özelliklerinin de olmasından dolayı günümüzde gerek çevre gerekse enerji sorunlarına mükemmel bir şekilde yanıt veren bir malzemedir. Yanlış bilinen ahşabın ormanları tükettiği durumunun aksine ahşap kullanmak ormanları yaşatmaktadır. Sonuç olarak kişi başına düşen ahşap kullanım oranı yüksek olan ülkelerde ormanlık bölgeler sürekli artmaktadır [20].
- Kurutma, emprenye, ısıl işlem gibi yöntemler sayesinde ahşap malzeme zararlı bütün zararlı faktörlere karşı koruma ve kullanım ömrünün uzatılması sağlanır. Ek olarak, ahşabın kullanımı sırasında tozlanma, solma, ağarma, dış hava şartları

gibi etkilere maruz kalmaması için dış yüzeyinde tabaka oluşumu sağlayan cila işlemi de ahşabı korumak ve kullanım ömrünü uzatmak amacı ile yapılan bir işlemdir [21].

- Yangın meydana geldiğinde yapı elemanı olan ahşabın dış kısmında bir kömürleşme oluşur ve bu ahşabın etrafındaki kömürleşme yalıtım görevi yaparak ateşin iç kısımlara doğru geçişini yavaşlatır. Bu sayede, yapı elemanlarının yanmaya karşı dayanımı süresi uzar. DIN 4102-1'de ahşap, B2 sınıfında yanar ama tutuşmayan bir malzemedir. Belirlenen standartlara elverişli şekilde hazırlanan ahşap malzemeler ile oluşturulan yapılar, dayanım ve güvenlik açısından yangın yönetmeliğinde istenen şartları taşımaktadır [1].

Örnekleri daha fazla çoğaltmak mümkündür. Bu algıların aksine, ahşap malzemeler hakkında yapılan çalışmalardan yola çıkarak ahşap malzemelerin sağlık, ekoloji, estetik, yalıtım, deprem, sürdürülebilirlik gibi birçok avantajlı faktörden dolayı kullanımının yaygınlaştırılması tavsiye edilmelidir.

Elde edilen veriler ve yapılan değerlendirme sonucunda; iç ve dış mekânlarda mobilya ve yapılarda kullanılan malzemelerde, ahşap malzemelerin çok fazla kullanım olanağına ve tercih edilmesi için birçok üstün özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Koruma yöntemleriyle uzun kullanım ömrüne ve yangına karşı dayanıklılığa, tek parça halinde daha büyük boyutlarda ve kavisli ürünler, yüke karşı dayanıklılığı yüksek malzemeler için çeşitli üretim tekniklerine, emprenye, ısı işlem gibi uygun koruma yöntemleri sayesinde dış hava şartlarında kullanılabilirliğe, kısacası her türlü kullanım yeri, işlevi ve amacı için yeterli ürün çeşitliğine sahip olan ahşap malzemeler, diğer malzemelere tercih edilmesi sebepleri olan dayanıklılığı, ekolojik olması, maliyet düşüklüğü, geri dönüşümlü olması, kolay işlenmesi, akustik özelliği, estetik görünüşü ve az enerji tüketimi gibi bir çok avantajlı özelliklere sahiptir. Bu kadar avantaja ve üstün özelliklere sahip eşsiz bir mühendislik ürünü olan ahşap malzemelerin, mobilya, yapı, tasarım gibi kullanım olanağının olduğu sektörlerde ve tüketicilere tanıtılması, teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması gereken malzemelerdir. Aynı zamanda bu sektörlerde çalışacak elemanları yetiştiren üniversitelerdeki ilgili bölümlerde ve derslerde ahşap malzemeler konusuna dikkat çekilmesi gerekmektedir.

Ahşap malzemenin üreticilerine, yıl bazındaki girişim sayılarına ve üretim miktarları da ahşap malzemenin geleceği için önemli faktörlerdir. Ahşap malzemelerin üretim sektöründe inşili çıkışlı olarak da olsa her yıl yeni girişimciler olmasına rağmen sektördeki mevcut üreticilerine bakıldığında, üretici sayısının yıllar itibari ile düşüşe geçtiği görülmektedir. Bu üreticilerin genel imalata oranına bakıldığında, malzeme potansiyeline göre ortalama olarak %6 gibi yetersiz bir oran mevcuttur ve bu oran her yıl düşüş göstermektedir. Üretim miktarlarına bakıldığında ise üretilen malzemeye göre kg, m³, m² cinsinden hesaplanmakta ve ilgili kurumların aktardığı istatistik bilgilerindeki bazı veriler "(1)* Gizli

Veri" ya da "(2)* Uygulanamamıştır" faktörlerinden dolayı sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Üretim miktarlarında malzemeye göre düşüş ve artışlar gözlenmektedir. Fakat genel olarak bakıldığında, üretici sayısının yıl itibari ile düşüş göstermesi, bazı faktörlerden dolayı tam veriye ulaşılamaması gibi sebeplerden yola çıkarak üretim miktarında da düşüş olduğu ya da sabit olduğu kanısına varılabilir.

Ahşap malzeme üreticilerine, yıl bazında sektördeki girişim sayılarına ve üretim miktarları ile ilgili veriler değerlendirildiğinde bazı önlemler alınması gerekliliği görülmektedir. Sektörde ahşap malzemelerin kullanım alanı olan ilgili işletmeler, üniversite gibi kurum ve kuruluşların sanayi, üreticiler ve birbirleriyle işbirliği içinde olması ve üreticinin, üretimin, girişimin teşvik edilmesi ve desteklenmesi alınacak önlemler arasında pozitif bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Akça C, Akarca H, Erdoğan E, Demirel A. Yapı ahşabı ve ahşap yapı sektörü [İnternet]. Ulusal Ahşap Birliği; 2013 [15 Aralık 2019 alıntı yapıldı]. Erişim: <http://www.ahsap.org/assets/pdfDocs/etkinlik-2/Ahsap-Yapi-Sektor-Raporu-2.pdf>
- [2] Çelik M. Ahşap malzemenin iç mekân ve mobilya tasarımında kullanımı [Tez]. İstanbul: Haliç Üniversitesi; 2013.
- [3] Çorbacı F. Yapı malzemelerinin kullanımında mimari faktörler [Tez]. İstanbul: Haliç Üniversitesi; 2015.
- [4] Kurtuluş A, Sofuoğlu SD. Mobilya ve ağaç işlerinde kullanılan ahşap malzemeler 1: ağaç malzemelerin seçimi, işlenmesi, mobilya ve yapı elemanlarının üretiminde kullanılmaları, mobilya üretiminde kullanılan ağaç kökenli malzemeler. Mobilya Dekorasyon. 2013;22(118):62-78.
- [5] Kartal B. Yapılarda ahşap kullanımı ve çağdaş yapı teknolojisinde ahşap kullanımı [Tez]. İstanbul: Haliç Üniversitesi; 2015.
- [6] Winter S, Kehl D. Holzbauhandbuch: Holzhäuser Werthaltigkeitund Lebensdauer [İnternet]. Informationsdienst Holz; 2002 [25 Nisan 2020 alıntı yapıldı]. Erişim: https://informationsdienst.holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R00_T05_F01_Holzhaeuser_Werthaltigkeit_und_Lebensdauer_2008.pdf
- [7] Sofuoğlu SD, Kurtuluş A. Mobilyada ahşap malzemenin önemi ve yüzey kalitesi. Ahşabın Tasarım Serüveni Sempozyumu Bildiri Kitabı, 2016. İstanbul: Orman Mühendisleri Odası; 2016. s. 387-400.
- [8] Mengeloğlu F, Alma MH, Çetin NS. Plastik endüstrisinde buğday sapı ununun kullanılabilirliği. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 2002;2(2):57-65.
- [9] Forest Products Laboratory. Woodhandbook: wood as an engineering material [İnternet]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1999 [20 Şubat 2020 alıntı yapıldı]. Erişim: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/fplgtr113.pdf>

- [10] Güller B. Odun kompozitleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 2001;A(2):135-160.
- [11] Maloney TM. Thefamily of wood composite materials. Forest Products Journal. 1996;46:19-26.
- [12] Aslan F, Aslan E, Atilla A. İç mekânda algı. İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi. 2015;5(11):139-151.
- [13] Altan İ. Mimarlıkta mekân kavramı. İstanbul Üniversitesi Psikoloji Çalışmaları Dergisi. 1993;11119(1):75-88.
- [14] Bilici S. Ahşap konut üretim sistemleri; Almanya örneği [Tez]. Konya: Selçuk Üniversitesi; 2006.
- [15] Herzog T, Natterer J, Schweitzer R, Volz M, Winter W. Holzbau atlas. 2th ed. Basel: Birkhäuser; 2003.
- [16] Cheret P, Grohe G, Müller A, Schwaner K, Winter S, Zeitter H.Holzbauhandbuch: holzbausysteme [İnternet]. Informationsdienst Holz; 2000 [25 Nisan 2020 alıntı yapıldı]. Erişim: <https://www.marten-zimmer.de/downloads/info-holzbausysteme-marten-tischlerei.pdf>
- [17] TOBB. TOBB Sanayi Bilgi Sistemi [İnternet]. 2020 [15 Nisan 2020 alıntı yapıldı]. Erişim: <http://sanayi.tobb.org.tr/>
- [18] TÜİK. İş Kayıtları İstatistikleri [İnternet]. 2020 [20 Nisan 2020 alıntı yapıldı]. Erişim: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=145&locale=tr>
- [19] Topay M. Candan Kuş Ş. Dış mekânın etkin kullanımında ahşap malzeme seçimi. Plant Dergisi. 2016;6(18):154-158.
- [20] Erdoğan E. Ahşap: mükemmel bir yapı malzemesi. Türkiye Mühendislik Haberleri. 2003;48(427):89-92.
- [21] Usta İ. Ahşap üzerine betimlemeler: kültürlerarası etkileşim aracı olan ahşabın “değerli bir nesne” olarak kabul edilip özümsemesi (ahşap güzeldir). Mesleki Bilimler Dergisi. 2015;4(2):39-54.