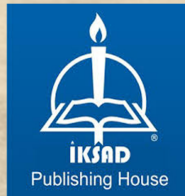


BİTKİ MATERYALİ VE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE AKTÜEL ÇALIŞMALAR

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK

Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ



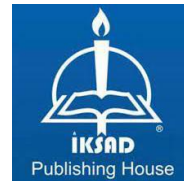
BİTKİ MATERYALİ VE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE AKTÜEL ÇALIŞMALAR

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK
Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

YAZARLAR

Prof. Dr. Alpaslan KUŞVURAN
Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ
Prof. Dr. Burak ARICAK
Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ
Prof. Dr. Hakan ŞEVİK
Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN
Doç. Dr. Ayşenur KAYABAŞ AVŞAR
Doç. Dr. İnci Sevinç KRAVKAZ KUŞÇU
Doç. Dr. İsmail KOÇ
Doç. Dr. İsmet AKBAŞ
Doç. Dr. Ramazan ERDEM
Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ
Dr. Öğr. Üyesi Bedri Münir ÖZDEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK
Dr. Öğr. Üyesi Bora BİNGÖL
Dr. Öğr. Üyesi Gülşen GÜÇLÜ
Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER
Dr. Öğr. Üyesi Volkan MÜFTÜOĞLU
Doç. Dr. Tuğba GÜRKÖK TAN
Öğr. Gör. Dr. Burak DİNÇEL
Öğr. Gör. Dr. Dilara ÜLGER ÖZBEK
Dr. Esra DURGUN
Dr. Hatice ÇOBANOĞLU
Dr. İbrahim AYTAŞ
Dr. Nihat ERTÜRK
Dr. Uğur CANTÜRK
Öğr. Gör. Aslıhan GÜRBÜZER
Arş. Gör. Hilal ABACI ÖZDEMİR
Ceyda KOCAMAZ
Rusul Abdulatef Adulhussem ALTAMEMI



Copyright © 2024 by iksad publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-378-017-3

Cover Design: Alime DİVRİK

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM I

SÜS BİTKİLERİNDE TÜKETİCİLERİN SATIN ALMA DAVRANIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Bedri Münir ÖZDEMİR

Arş. Gör. Hilal ABACI ÖZDEMİR.....3

BÖLÜM II

SÜS BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE YENİLİKÇİ TRENDLER

Dr. Öğr. Üyesi Bora BİNGÖL..... 17

BÖLÜM III

YAPAY ZEKANIN SÜS BİTKİLERİ TEŞHİSİNDE KULLANIMI

Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ.....33

BÖLÜM IV

KENTSEL YEŞİL ALANLAR VE BİTKİ MATERYALİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞMEYE KATKILARI

Doç. Dr. İsmet AKBAŞ.....49

BÖLÜM V

BİTKİSEL ÜRETİMDE HİDROJEL (POLİMER) KULLANIMINA BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER.....77

BÖLÜM VI

ÇÖREK OTU (*Nigella sativa*) BİTKİSİNDE ORGANİK GÜBRELERİN ETKİSİ

Doç. Dr. Tuğba GÜRKÖK TAN

Dr. Öğr. Üyesi Gülşen GÜÇLÜ.....91

BÖLÜM VII

EKİNEZYA TOHUMLARINDA HORMON UYGULAMALARININ ÇİMLENME VE FİDECİK KARAKTERLERİNE ETKİSİ

Rusul Abdulatef Adulhussem ALTAMEMI

Prof. Dr. Hakan ŞEVİK.....109

BÖLÜM VIII

YÜKSEK SICAKLIK STRESİNE BİTKİLERİN TEPKİLERİ VE ADAPTASYON MEKANİZMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK

Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

Doç. Dr. Ayşenur KAYABAŞ AVŞAR.....125

BÖLÜM IX

FARKLI MİKROBİYAL GÜBRE DOZLARININ ÇİM KARIŞIMININ KURAKLIĞA TOLERANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Ceyda KOCAMAZ

Prof. Dr. Alpaslan KUŞVURAN

Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN.....141

BÖLÜM X

BAZI ODUNSU TÜRLERİN ODUNLARINDA TİTANYUM KONSANTRASYONUNUN DEĞİŞİMİ

Dr. Uğur CANTÜRK

Doç. Dr. İsmail KOÇ

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ.....167

BÖLÜM XI

HAVADAKİ LİTYUM KONSANTRASYONLARININ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİNDE VE KİRLİLİĞİN AZALTILMASINDA KARAÇAMIN KULLANILABİLİRLİĞİ

Dr. Hatice ÇOBANOĞLU

Doç. Dr. İsmail KOÇ

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ.....179

BÖLÜM XII

BAZI AĞAÇLARDA KÜKÜRT KONSANTRASYONUNUN TÜR, ORGAN VE YÖN BAZINDA DEĞİŞİMİ

Doç. Dr. Ramazan ERDEM

Prof. Dr. Burak ARICAK

Doç. Dr. İnci Sevinç KRAVKAZ KUŞÇU.....191

BÖLÜM XIII

KASTAMONU'DA KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK KARAÇAM YAYILIŞ ALANLARININ OLASI DEĞİŞİMİ

Dr. Nihat ERTÜRK

Prof. Dr. Burak ARICAK.....207

BÖLÜM XIV

TIBBİ AÇIDAN DEĞERLİ BİR TÜR: *Salvia officinalis* L.

Öğr. Gör. Dr. Burak DİNÇEL227

BÖLÜM XV

TÜRKİYE TIBBİ-AROMATİK BİTKİLERİNE GENEL BAKIŞ: CBS TABANLI HARİTALAMA

Dr. İbrahim AYTAŞ.....245

BÖLÜM XVI

YAĞMUR BAHÇESİ BİTKİSEL TASARIMINDA KULLANILABİLMESİ OLASI BAZI DOĞAL TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLER: BURSA VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Volkan MÜFTÜOĞLU.....271

BÖLÜM XVII

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİ ANALİZLERİNDE EN ÇOK KULLANILAN KROMATOĞRAFİ TEKNİKLERİ

Öğr. Gör. Aslıhan GÜRBÜZER.....293

BÖLÜM XVIII

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE BULUNAN FENOLİK BİLEŞİKLERİN TAYİNİNDE KULLANILAN ANALİTİK YÖNTEMLER

Dr. Esra DURGUN.....311

BÖLÜM XIX

TIBBİ AROMATİK BİTKİLERİN ANTI-KANSER ETKİLERİ

Öğr. Gör. Dr. Dilara ÜLGER ÖZBEK.....329

ÖNSÖZ

Doğanın sunduğu eşsiz zenginliklerden biri olan bitkiler, insanlık tarihi boyunca sadece estetik bir değer taşımanın ötesine geçerek, sağlık, gıda, çevre ve ekonomi alanlarında da büyük bir öneme sahip olmuştur. Bitkilerin, insan yaşamına kattığı faydalar ve sunduğu olanaklar, bilim dünyasında sürekli olarak araştırılmakta, özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin iyileştirici özellikleri ve süs bitkilerinin estetik değerleri üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Bu eser, bitkilerin sadece biyolojik ve kimyasal özelliklerine odaklanmakla kalmayıp, aynı zamanda onları daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanma yollarını araştırmakta ve bu bağlamda yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkiler, yüzyıllardır şifalı özellikleri ile bilinmekte ve bu geleneksel bilgilerin bilimsel araştırmalarla desteklenmesi, bu bitkilerin potansiyelini daha geniş bir kitleye tanıtmaktadır. Bugün, bu bitkiler, kanser tedavisinden, bağışıklık sistemini güçlendirmeye kadar birçok alanda araştırılmakta ve çeşitli modern tedavi yöntemleriyle entegrasyon sağlanmaktadır. Aynı zamanda, süs bitkileri sektörü, estetik açıdan çevreyi güzelleştirmenin ötesine geçerek, sürdürülebilir kentleşme ve biyolojik çeşitliliğin korunması adına büyük bir potansiyel taşımaktadır. Bu bağlamda, süs bitkilerinin yetiştirilmesi, bakımı ve tasarımı ile ilgili yenilikçi yaklaşımlar her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu kitap, süs bitkilerinden tıbbi ve aromatik bitkilere kadar uzanan geniş bir yelpazede, bitkilerin çevresel, sağlık ve ekonomik katkılarını derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Kitabın içeriği hem temel bilimsel araştırmalara hem de bitkilerin üretimi ve kullanımı üzerine yapılan uygulamalı çalışmalara odaklanmaktadır. Kitabın bazı bölümlerinde, süs bitkilerinin yetiştirilmesinde karşılaşılan zorluklar, bu alanda karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için uygulanan yenilikçi yöntemler ve sürdürülebilir üretim teknikleri üzerine geniş bir tartışma sunulmaktadır. Süs bitkilerinin estetik ve ekolojik değerleri, kentleşme süreçlerinde nasıl yer bulduğuna dair bilgiler de bu kitapta yer almaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin sağlık üzerindeki faydaları, özellikle son yıllarda büyük bir araştırma konusu olmuştur. Bitkilerin içerdiği aktif bileşiklerin, kanser tedavisi gibi ciddi hastalıklarla mücadelede nasıl bir rol oynayabileceği, kitapta kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Aynı zamanda, bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin tayininde kullanılan analitik yöntemler

ve bu yöntemlerin etkinliği, bilimsel açıdan da oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu alandaki en güncel araştırmalar, bitkilerin potansiyelini daha iyi anlayabilmemiz adına oldukça değerli veriler sunmaktadır. Ayrıca, bitkilerin iklim değişikliği, sıcaklık stresleri gibi çevresel faktörlere verdikleri tepkiler ve bu tür streslere karşı nasıl adaptasyon sağladıkları da bu kitabın önemli başlıklarından biridir.

Gelişen teknolojiler, özellikle yapay zekâ, bitki teşhisi ve sağlık alanındaki uygulamalarda büyük bir dönüşüm yaratmaktadır. Bu kitapta, yapay zekâ teknolojilerinin süs bitkilerinin teşhisinde nasıl kullanıldığı ve bu teknolojilerin potansiyeli üzerinde durulmaktadır. Yapay zekâ ve diğer ileri düzey teknolojiler, bitkisel üretimde verimliliği artırma ve bitkisel hastalıkların erken teşhis edilmesi gibi konularda büyük bir fayda sağlamaktadır. Bu da bitki yetiştiriciliği ve tıbbi araştırmalar alanında devrim yaratabilecek bir adımdır.

Kitap ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik ve biyolojik çeşitliliği koruma amacına yönelik olarak, şehirlerdeki yeşil alanların tasarımında kullanılan doğal tıbbi ve aromatik bitkilerin potansiyelini de ele almaktadır. Yağmur bahçeleri gibi sürdürülebilir tasarımlar, kentsel alanlarda doğal bitkilerle yapılan yeşil alan düzenlemelerinin ekolojik dengeyi nasıl koruduğunu ve kentleşmenin olumsuz etkilerini nasıl azaltabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu kitap, süs bitkileri ile tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine yapılan bilimsel çalışmaları derleyerek, bu alandaki yenilikçi araştırmaları ve teknolojileri bir araya getirmektedir. Kitap, bitkisel araştırmalara ilgi duyan bilim insanları, akademisyenler, uygulayıcılar ve öğrenciler için kıymetli bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Bu eser, bitkilerin sağlığınıza, çevremize ve geleceğimize olan katkılarını anlamamız için önemli bir adım atmamıza yardımcı olacaktır. Kitap, aynı zamanda bitkisel üretimin sürdürülebilirliğine dair yeni fikirler geliştirmek isteyenler için bir rehber işlevi görecektir.

Bu değerli eserin hazırlanmasında emeği geçen tüm akademisyenlere, araştırmacılara ve katkı sağlayan herkese teşekkür ederiz. Kitabın, okuyucularına bitkisel dünyaya dair derin bir anlayış kazandırması ve bu bilgileri gelecekteki araştırma ve uygulamalarına yansıtması adına ilham verici bir kaynak olmasını dileriz.

Aralık 2024

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK

Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

BÖLÜM I

SÜS BİTKİLERİNDE TÜKETİCİLERİN SATIN ALMA DAVRANIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Bedri Münir ÖZDEMİR¹

Arş. Gör. Hilal ABACI ÖZDEMİR²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514537>

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Ana Bilim Dalı, Çankırı, Türkiye.
bmozdemir@karatekin.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-2374-2336.

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Ana Bilim Dalı, Çankırı, Türkiye. hilalabaci@karatekin.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6457-6816.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde süs bitkileri ticari manada önemli bir sektörü temsil etmektedir. Bu sektör işletme hedeflerine ulaşmak isteyen; süs bitki üreticileri, süs bitkisi lojistiğini sağlayan işletmeler, süs bitkisi alım satımına aracılık yapan tüccarlar ve süs bitkisini son kullanıcıya ulaştıran perakendeciler gibi birçok ticari kurum ve kuruluştan oluşmaktadır. Bu ticari organizasyonların ayakta kalabilmesi tüketici istek ve ihtiyaçlarının iyi belirlenerek, kaynakların ve pazarlama faaliyetlerinin bu istek ve ihtiyaçları karşılayacak şekilde verimli olarak kullanımına bağlıdır. Bu noktada işletmeler, tüketicilerin süs bitkilerini satın alma karar verme sürecini ve satın alma davranışını etkileyen faktörleri iyi analiz etmelidirler. Bu çalışmanın amacı süs bitkileri alanı içerisinde literatürde yer alan çalışmalardan faydalanarak, tüketicilerin süs bitkileri satın alma davranışlarını etkileyen faktörleri incelemektir. Ayrıca bu çalışmayla hem teorik bağlamda süs bitkileri literatürüne, hem de endüstriyel bağlamda süs bitkisi alanında faaliyet gösteren işletmelere katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

1.1. Süs Bitkilerine Genel Bakış

1.1.1. Süs Bitki Çeşitleri

Süs bitkileri dünya genelinde farklı bölgelerde farklı sınıflara ayrılmaktadır. Süs bitkisi sınıflandırılması yapılırken ortak bir kriter bulunmamakla birlikte birçok farklı kriter kullanılabilir. Süs bitkileri odunsu ve otsu yeşil yapraklı şeklinde farklı çeşitlere ayrılabilir. Buna ek olarak hayat döngüsü açısından kısa ömürlü veya uzun ömürlü olarak sınıflandırılabilirler. Ayrıca süs bitkilerinin yetiştirildikleri yerlere bağlı olarak orijinleri ve farklı türleri de sınıflandırılmalarında kullanılan kriterler arasında sayılabilir (De, 2017). Süs bitkilerinin kalitesi değerlendirirken de yine birçok kriter bulunmakla beraber estetik özellikleri kalite algısını etkileyen önemli etmenler arasında yer almaktadır. Hatta süs bitkilerinin estetik özellikleri ölçümünde görsel tanımlama metot ve sınıflandırma tekniklerinden yararlandığı da gözlemlenmiştir (Boumaza vd., 2010; Huché-Thélier vd., 2011; Santagostini vd., 2014).

Süs bitkileri yetiştirilirken süs bitkisi yetiştiricileri, bir bitkinin vazo ömrünü, kaç çiçekli olduğunu, rengi ve belli bir dönemde kaç kez açacağı gibi özellikleri de dikkate almaktadırlar. Ayrıca süs bitkilerinin yetiştirildiği bölge

veya ülkeye ekonomik ve iş bakımından da katkıda bulunduğu da unutulmamalıdır. Hatta süs bitkileri ihracatına bağlı ortaya çıkan ekonomik pazar, yine ihracata bağlı olarak süs bitkilerinden elde edilen döviz girdisi ve bunun yanında özellikle tarım bölgelerinde gençlerin istihdamı açısından buldukları bölgeye oldukça önemli katma değer sağlamaktadır (De, 2017 s. 180).

1.1.2. İnsanların Süs Bitkilerine Yaklaşımı

Bitkiler çok eski tarihlerden bu yana insanlar tarafından besin maddesi olarak kullanılmış, ilaç yapımında ihtiva ettikleri etmen maddelerden dolayı faydalanılmış ve bazı bilimsel çevrelerce eleştirilse de alternatif tıp alanı adı altında günümüzde hala kullanılmaya devam etmektedir. Öte yandan yakın geçmişte dünyamıza büyük etkisi olan Covid-19 pandemisi sonrası bazı insanların doğayla bağ kurma veya fiziksel aktiviteler yaparak stres atma gibi olumlu çıktılardan yararlanmak için bahçecilik konusunda motive olduğu gözlemlenmiştir (Egerer vd., 2022). Kapalı alan bitkilerinin yine pandemi sonrası duygusal olarak iyi olma ile de ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Bulgari vd., 2021). Bitkilerin insanlara hem fiziksel hem duygusal fayda sağladığı bilinmektedir. İlgili literatürde de bitkilerin daha iyi uyku ve daha sağlam bağışıklık gibi faydalar sağladığı görülmüştür (Hall ve Knuth, 2019b). Buna ek olarak sosyal fayda açısından bitkiler çocukların okul performanslarının geliştirmekte ve sosyalleşmelerine katkı sağlamaktadır (Hall ve Knuth, 2019c). Ayrıca bitkiler duygusal ve mental sağlık açısından incelendiğinde depresyon ve anksiyetede azalma gibi faydalar da sağlamaktadır ki tüketici düzeyinde bakıldığında herhangi bir ürün satın alırken hayatlarına değer katan etmenleri göz önünde bulundurdıkları için yukarıda belirtilen faydalar süs bitkileri satın alma sürecini olumlu etkilemektedir (Hall ve Knuth, 2019a).

2. SÜS BİTKİLERİ SATIN ALIMA SÜRECİNDE TÜKETİCİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tüketicilerin süs bitkilerine karşı göstermiş oldukları davranışları anlamak, süs bitkileri endüstrisinde kaynakların verimli kullanımı ve sürdürülebilir süs bitkileri sektörü açısından oldukça önemlidir. Nitekim süs bitkileri üretimi ve satışı yapan işletmelerin gelecekte faaliyetlerini sürdürebilmeleri, yapmış oldukları satış miktarına ve dolayısıyla müşterilerin

satın alma davranışlarıyla doğru orantılıdır. Bu noktada süs bitkileri sektöründe müşteri tercihlerini etkileyen faktörlerin incelenmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu faktörlerin bilinmesi pazarlama faaliyetlerini daha etkin bir şekilde planlanması ve yürütülmesini de kolaylaştıracaktır. Bu nedenle bu çalışma, genel bir çerçeve çizmek suretiyle süs bitkileri alanında pazarlama bakış açısından yürütülen çalışmaları bir araya getirerek, tüketici davranışlarını anlamak adına literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışma sonucu oluşturulan Şekil 1’ de süs bitkilerinde satın almayı etkileyen faktörler; bitkiye bağlı faktörler ve bitkiye bağlı olmayan faktörler olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Aşağıda sırasıyla bu iki ana sınıfta yer alan faktörler açıklanmaktadır.



Şekil 1. Süs Bitkilerinde Satın Almayı Etkileyen Faktörler

2.1. Süs Bitkileriyle İlgili Faktörler

Tüketicilerin bitki satın alırken çeşitli beklentileri bulunmaktadır. Satın alma davranışının pozitif ya da negatif bir şekilde etkilenmesi, bu beklentilerin karşılanma düzeyine bağlıdır. Bu noktada müşterilerin beklentilerinin karşılanması sadece bitkinin kendisine bağlı olmayıp bitki dışı etmenlerden de etkilenmektedir. Bu kısımda tüketicilerin satın alma davranışlarını etkileyen bitkiye bağlı faktörler bu alan üzerine yapılan çalışmalarla açıklanmıştır.

Yukarıda belirtilen bitkiye bağlı etmenler kapsamında süs bitkilerinden elde edilen duyuşsal tatmin, yine süs bitkilerinden farklı beklentileri olan müşterilerin tatmin düzeylerini karşılama adına satın alma karar sürecine etki eden faktörler arasında yer edinmektedir. Daha önce belirtildiği üzere bitkilerden elde edilen faydalar sadece fiziksel veya fizyolojik faydalarla

sınırlı değildir. Bu faydaların yanında bitkiler insanlara psikolojik ve sosyal fayda da sağlamaktadır. Süs bitkileri üzerine yapılan ampirik bir çalışma, süs bitkilerini satın alan müşterilerin duygusal, sosyal ve duyuşal boyutlara yönelik tatmin elde etme gibi etmenlerden etkilendiği de belirtilmiştir (Huang ve Yeh, 2009).

Süs bitkilerinin üretim süreçlerinde organik ya da organik olmayan metotların yer alması, tüketicilerin beklenti ve hassasiyetleri göz önünde alındığında satın alma karar verme süreçlerinde etkili olabilmektedir. Literatürde yer alan besin endüstrisi kapsamında üretilen bitkiler üzerine yapılan çalışmalara göre tüketiciler; sağlık bakımından daha güvenli olması, daha kaliteli ürün elde edilmesi veya çevresel duyarlılıklara bağlı olarak organik yollarla üretilmiş bitkileri satın almayı tercih etmektedirler (Campbell vd., 2013; Costanigro vd., 2011). Buna paralel olarak bazı müşteriler çiçek gibi süs bitkilerinin bazı türlerinin sınırlı pazara sahip olması dolayısıyla organik üretim yöntemleriyle üretilmesini tercih etmektedir (Schimmenti vd., 2013). Ayrıca süs bitkileri üzerine organik üretim metotlarının tüketici tercihlerine etkisini inceleyen çalışmalar farklı sonuçlar gösterebilmektedir. Bu çalışmalardan Yue vd., (2011) tüketicilerin süs bitkileri satın alırken organik şekilde üretilmesine kıyasla yerel üretim olmasının satın almalarına daha çok etki ettiğini göstermiştir. Konu üzerinde yapılan çalışmaların daha objektif şekilde araştırılması için yeni gelişen metodolojilerin de kullanımı gözlemlenebilmektedir. Gelişen bu metodolojiye paralel olarak göz takip sensörleri ile gerçekleştirilen araştırmada, katılımcıların organik olarak üretilen bitkileri satın alma olasılığının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Rihn vd., 2016 s.606). Farklı bitki türleri üzerinde Amerika'nın Florida eyaletinde yaptıkları bu çalışmada Rihn vd., (2016 s.606) tüketicilerin özellikle bahçecilik alanında kullanılan süs bitkileri satın alırken en yüksek ücreti ödemeye istekli oldukları bitkilerin buldukları eyalette üretilmiş bitkiler olduğu gözlemlenmiştir.

Öte yandan dünyada sürdürülebilirliğin önemi gerek kaynakların daha verimli kullanılması gerekse global iklimle mücadele kapsamında yapılan çalışmalar açısından oldukça önemli hale gelmiştir ve bu da bazı tüketicilerde sürdürülebilirlik konusunda daha hassas olma eğilimine girmelerine neden olmuştur. Bu hassasiyet diğer tüketici ürünlerinde olduğu gibi süs bitkileri alanında da etkisini göstermektedir. Buna paralel olarak süs bitkileri

endüstrisinde sürdürülebilir üretim tekniklerinin bazı müşterilerin satın alma karar verme sürecinde etkili olan önemli etmenler arasında yer aldığı gözlemlenmiştir (Schimmenti vd., 2013; Etheredge vd., 2024).

Süs bitkileri açısından estetik nedenler ve tazelik gibi bitkinin formu ile ilgili özellikler de satın alma davranışını etkileyen faktörler arasındadır. Özellikle estetik, farklı duygu ve beklentileri tatmin ettiği için müşteriler açısından oldukça önemli bir etmenddir ve bu da satın alma kararını etkilemektedir (Wei vd., 2023; Tung ve Tu, 2024). Anlaşılacağı üzere çok çeşitli olması dolayısıyla süs bitkilerinde de form kavramı her bir bitki için farklı olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte renk, boy, çiçekli veya çiçeksiz olması gibi birçok etmen bitki formunu oluşturmaktadır. Süs bitkilerinde forma bağlı özelliklerin tercihi süs bitkisi üreticisi veya son kullanıcı gruplarında farklılık gösterebilir. Bununla birlikte süs bitkisi satın alan gerek son kullanıcı gerek yetiştiriciler, gül çeşitlerini tercih ederken renk, sürekli çiçek açması ve kokusunu da dikkate aldıkları gözlemlenmiştir (Waliczek vd., 2018 s. 807). Süs bitkileri tercihleri ülkeden ülkeye bölgeden bölgeye ve hatta demografik özelliklere bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin çiçek satın alan Alman müşteriler arasında yapılan bir çalışma lüks, ekonomik veya etik çiçek kategorilerin hepsinde satın alma tercihlerini etkileyen en büyük etmen, görünüş yani form olarak karşımıza çıkmaktadır (Rombach vd., 2018 s. 560).

2.2. Süs Bitkileri Dışındaki Faktörler

Süs bitkileri sektöründe bitki ile ilgili ve satın alınmasını etkileyen faktörler dışında nereden ve ne şekilde satın alındığının da süs bitkileri endüstrisinin tamamını etkileyen çevresel etmenler arasında yer aldığı da unutulmamalıdır. Tüketicilerin süs bitkilerinin satın alma sıklığı ve satış hacmi ekonomik gelirle doğru orantılıdır. Ekonomik düzey tüm endüstrilerde arz talep dengesini etkilediği için bu çalışmada incelenmesi gereken ek bir etmen olarak ele alınmamıştır. Diğer taraftan bu kısımda, bitki üretici ve satıcıları tarafından belirlenen fiyatlama stratejileri, bitki üzerinde yer alan bilgilendirme etiketleri ve süs bitkisi satın alma sırasında verilen hizmet düzeyi gibi bitkiye bağlı olmayan fakat tüketici satın alma sürecini etkileyen etmenler üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Bu noktada yukarıda belirtilen nedenlerle süs bitkileri alanında ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların ilk örnekleri arasında yer alan Sorensen (vd., 1961 s. 10) ve arkadaşlarının süs bitkileri satın alanlar arasında gerçekleştirdiği araştırmada araştırmaya katılan tüketiciler, bitkiler hakkında açıklayıcı bilginin yer alması, fiyatlamasının basit olmasının ve bitki çeşitliliği gibi etmenlerin satın alma davranışlarını etkilediğini belirtmişlerdir. Yani satın alma noktasında bitki çeşidinin olması tüketiciye daha fazla alternatif sunacağından, satın alma kararını olumlu etkileyecektir.

Diğer taraftan süs bitkisi satın alan müşteriler kişisel olarak veya internet üzerinden satın alma sürecini yürütebilirler. İnternetin ve bilgi teknolojilerinin gelişimi her ne kadar birçok endüstride ürünlerin tüketicilere ulaşmasını daha verimli hale getirmiş olsa da süs bitkilerinde bölgeden bölgeye değişen satın alma alışkanlıkları bazen kendisini geleneksel satın alma alışkanlıklarının devam etmesi şeklinde gösterebilmektedir. Örneğin, Brezilya’ da süs bitkileri satın alan müşteriler süs bitkileri endüstrisine yeterli teknolojik yatırım yapılmadığı için halen fiziksel olarak var olan süs bitkisi dükkanlarından satın alma eylemini gerçekleştirmeye devam ettikleri ileri sürülmektedir (Paiva vd., 2020). Bununla birlikte bitkilerin satın alımında bitkinin kendisi kadar satın alma noktasında müşterinin aldığı hizmet müşteri tatminini ve satın alma kararını olumlu ya da olumsuz etkileyebilecek faktörler arasında yer alabilmektedir (Wang vd., 2023).

Daha öncede belirtildiği üzere, süs bitkileri satın alan tüketiciler farklı nedenlerle satın alım gerçekleştirebilmektedirler. Bu nedenler arasında yer alan bitki hakkında bilginin türünün farklı oluşu dahi farklı satın alma tepkileri ile sonuçlanabilmektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde lavanta türü satın alan müşteriler arasında yapılan ampirik çalışma, bitki üzerinde belirtilen farklı faydaları içeren bilgiler verilerek, her fayda çeşidinin farklı fiyat düzeylerinde ölçümlenip tüketicilerin ödeme isteklilik düzeyini ortaya koymuştur (Rihn vd., 2023). Çalışmada elde edilen sonuçlar, tüketicilerin farklı fayda bilgileri içeren bitkilere farklı düzeyde fiyat ödemek istedikleri ve bilişsel bilgi mesajı içeren lavantalara, ekonomik fayda mesajı içeren lavantalara kıyasla daha fazla fiyat ödeme istekliliğini açığa çıkarmıştır (Rihn vd., s. 6). Süs bitkilerine dair bu gibi bilgiler satın alırken sözlü ya da yazılı bir şekilde tüketiciye aktarılabilir. Öte yandan bu bilgi aktarımının daha hızlı ve etkili olması için süs bitkileri üzerine bilgilendirme

etiketleri konulmaktadır. Bu bilgi etiketleri süs bitkisinin üretim yönteminden orijinine kadar farklı özellikleri hakkında açıklayıcı ve detaylı bilgi edinmek isteyen tüketicilerin satın alma davranışını etkileyebilmektedir (Sorensen vd., 1961; Rihn vd., 2023; Knuth vd., 2021).

Yine ekonometrik modelleme ile Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir diğer çalışma da, süs bitkisi satın alan müşterilerin farklı türdeki bitkilere karşı farklı fiyat duyarlılığı gösterdiğini ortaya koymuştur (Hovhannisyanyan ve Khachatryan, 2017). Buna karşın süs bitkileri satın alımı yapan müşteriler kategorisinde yalnızca şahsi tüketiciler değil aynı zamanda büyük satın alımlar gerçekleştiren kurumsal müşteriler de yer almaktadır ve kurumsal satın alımlarda da fiyatlandırma düzeyi satın alma tercihlerini etkilemektedir (Nik Mohd Masdek vd., 2019). Hawaii'de saksı orkideleri satın alan müşteriler arasında yapılan çalışma fiyatın satın alma tercihinin etki eden en önemli etmen olduğu sonucuna ulaşmıştır (Palma vd., 2010). Sonuç olarak fiyatlandırma ve fiyatlandırmanın müşteri zihnindeki algısı ve süs bitkilerinin farklı özelliklerine bağlı olarak bu algının farklılaşması, satın almaya etki eden etmenler arasında önemli bir yer kaplamaktadır.

Tablo 1. Süs Bitkilerinde Satın Almayı Davranışını Etkileyen Etmenler Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Bitki ile İlgili Etmenler			
<i>Üretim Türü</i>	<i>Ülke Orijini</i>	<i>Bitki Faydaları</i>	<i>Bitki Formu</i>
Rihn vd., 2016	Rihn vd., 2016	Huang ve Yeh, 2009	Boumaza vd., 2010
Schimmenti vd., 2013	Schimmenti vd., 2013	Egerer vd., 2022	Wang vd., 2023
Yue vd., 2011	Yue vd., 2011	Hall ve Knuth, 2019a	Waliczek vd., 2018
Etheredge vd., 2024	De, 2017.	Bulgari vd., 2021	Rombach vd., 2018
			Tung ve Tu, 2024
Bitki Dışı Etmenler			
<i>Bilgi Etiketleri</i>	<i>Fiyatlandırma</i>	<i>Satın Alma Noktası</i>	
Sorensen vd., 1961	Sorensen vd., 1961	Paiva vd., 2020	
Rihn vd., 2023	Schimmenti vd., 2013	Schimmenti vd., 2013	
Knuth vd., 2021	Hovhannisyanyan ve Khachatryan., 2017	Wang vd., 2023	
	Nik Mohd Masdek vd., 2019	Sorensen vd., 1961	
	Palma vd., 2010		

Yukarıda yer alan Tablo 1’ de süs bitkileri alanında tüketicilerin satın alma davranışını etkileyen faktörleri içeren bazı çalışmalara yer verilmiştir.

3. SONUÇLAR

Süs bitkileri dünya genelinde yerel pazarlara ek olarak hem ihracat hem de ithalat faaliyetlerine konu olan büyük hacimli bir endüstriyi oluşturmaktadır. Bu yüzden süs bitkilerinin üretim yöntemlerinin verimliliği kadar elde edilen ürünlerin pazarlanması da tüketici istek ve ihtiyaçlarının karşılanması açısından oldukça önemlidir. Bütün sektörlerde olduğu gibi süs bitkileri sektöründe de satışların artırılması ve rakiplere üstünlük sağlamak için tüketicilerin cezbedilmesi gerekmektedir. Süs bitkileri endüstrisinde faaliyet gösteren işletmeler bu avantajları elde edebilmek için tüketicilerin satın alma karar verme sürecini ve bu süreci etkileyen faktörleri çok iyi anlamak zorundadırlar. Serbest piyasada faaliyet gösteren işletmeler yalnızca tüketicilerin satın alma davranışını etkileyen faktörlere yönelik iyileştirme yaparak ve yine pazarlama faaliyetlerinde bu faktörleri göz önünde bulundurarak satışlarını ve pazar paylarını artırabilirler. Bu çalışmanın amacı; süs bitkileri literatüründe tüketici tercihlerini etkileyen etmenler üzerine yapılmış çalışmaları bir araya getirip genel bir çerçeveye çizerek hem literatüre teorik katkıda bulunmak hem de pazarlama faaliyetleri açısından uygulamaya yönelik yön göstermektir. Bu çalışmada çizilen genel çerçeve zaman içerisinde farklı boyutları içeren çalışmalarla desteklenerek daha da genişletilebilir. Özetle bu çalışmada; tüketicilerin süs bitkileri satın alma alışkanlıklarını etkileyen faktörler; satın almaya konu olan bitkiye bağlı etmenler ve bitkiye bağlı olmayan etmenler olarak iki ana sınıfa ayrılmıştır. Bitkiye bağlı etmenler: organik veya sürdürülebilir üretim yöntemleri gibi üretim türleri, bitkinin üretim yerini belirten ülke orijini, tüketicinin bitkiden alabileceği faydaları belirten bitki faydaları ve son olarak bitkinin tazeliği, rengi, estetiği gibi özellikleri içeren bitki formundan oluşmaktadır. Diğer taraftan tüketicilerin satın alma tercihlerini etkileyen bitkiye bağlı olmayan etmenler ise: bitki hakkında açıklayıcı bilgiler içeren bilgi etiketi, bitkinin fiyatı ve bitki satın alma noktasındaki çeşitlilik, ya da satış yerinde verilen hizmet düzeyi gibi unsurları kapsayan satış noktasına bağlı faktörlerden oluşmaktadır.

KAYNAKÇA

- Boumaza, R., Huché-Théliér, L., Demotes-Mainard, S., Le Coz, E., Leduc, N., Pelleschi-Travier, S., ... & Guérin, V. (2010). Sensory profiles and preference analysis in ornamental horticulture: the case of the rosebush. *Food quality and preference*, 21(8), 987-997.
- Bulgari, R., Petrini, A., Cocetta, G., Nicoletto, C., Ertani, A., Sambo, P., ... & Nicola, S. (2021). The impact of COVID-19 on horticulture: Critical issues and opportunities derived from an unexpected occurrence. *Horticulturae*, 7(6), 124.
- Campbell, B. L., Mhlanga, S., & Lesschaeve, I. (2013). Perception versus reality: Canadian consumer views of local and organic. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie*, 61(4), 531-558.
- Costanigro, M., McFadden, D. T., Kroll, S., & Nurse, G. (2011). An in-store valuation of local and organic apples: the role of social desirability. *Agribusiness*, 27(4), 465-477.
- De, L. (2017). Improvement of ornamental plants-a review. *International Journal of Horticulture*, 7(22), 180-204
- Egerer, M., Lin, B., Kingsley, J., Marsh, P., Diekmann, L., & Ossola, A. (2022). Gardening can relieve human stress and boost nature connection during the COVID-19 pandemic. *Urban Forestry & Urban Greening*, 68, 127483.
- Etheredge, C. L., Waliczek, T. M., & DelPrince, J. (2024). United States consumers' perceptions and willingness to pay for sustainable environmental practices in a retail floral provider's business model. *HoriTechnology*, 34(1), 20-26.
- Hall, C. R., & Knuth, M. J. (2019a). An update of the literature supporting the well-being benefits of plants: A review of the emotional and mental health benefits of plants. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(1), 30-38.
- Hall, C. R., & Knuth, M. J. (2019b). An update of the literature supporting the well-being benefits of plants: Part 2 physiological health benefits. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(2), 63-73.

- Hall, C. R., & Knuth, M. J. (2019c). An update of the literature supporting the well-being benefits of plants: Part 3-social benefits. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(4), 136-142.
- Hovhannisyan, V., & Khachatryan, H. (2017). Ornamental plants in the United States: An econometric analysis of a household-level demand system. *Agribusiness*, 33(2), 226-241.
- Huang, L. C., & Yeh, T. F. (2009). Floral consumption values for consumer groups with different purchase choices for flowers. *HortTechnology*, 19(3), 563-571.
- Huché-Théliér, L., Boumaza, R., Demotes-Mainard, S., Canet, A., Symoneaux, R., Douillet, O., & Guérin, V. (2011). Nitrogen deficiency increases basal branching and modifies visual quality of the rose bushes. *Scientia horticultrae*, 130(1), 325-334.
- Knuth, M. J., Khachatryan, H., & Hall, C. R. (2021). How consistent are consumers in their decisions? Investigation of houseplant purchasing. *Behavioral Sciences*, 11(5), 73.
- Nik Mohd Masdek, N. R., Ali, R., Ahmad, A. A., Muhammad, R. M., & Haimid, M. T. (2019). Price sensitivity analysis and factors influencing purchases of ornamental plants among local institutions. *Economic and Technology Management Review*, 14.
- Paiva, P. D. D. O., Reis, M. V. D., Sant'Ana, G. S., Bonifácio, F. D. L., & Guimarães, P. H. S. (2020). Flower and ornamental plant consumers profile and behavior. *Ornamental horticulture*, 26(3), 333-345.
- Palma, M. A., Chen, Y. J., Hall, C., Bessler, D., & Leatham, D. (2010). Consumer preferences for potted orchids in the Hawaiian market. *HortTechnology*, 20(1), 239-244.
- Rihn, A., Khachatryan, H., Campbell, B., Hall, C., & Behe, B. (2016). Consumer preferences for organic production methods and origin promotions on ornamental plants: Evidence from eye-tracking experiments. *Agricultural Economics*, 47(6), 599-608.
- Rihn, A. L., Knuth, M. J., Behe, B. K., & Hall, C. R. (2023). Benefit information's impact on ornamental plant value. *Horticultrae*, 9(7), 740.
- Rombach, M., Widmar, N., Byrd, E., & Bitsch, V. (2018). Understanding preferences of German flower consumers: The desire for sustained

- beauty. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 46(6), 560-576.
- Santagostini, P., Demotes-Mainard, S., Huché-Thélier, L., Leduc, N., Bertheloot, J., Guérin, V., ... & Boumaza, R. (2014). Assessment of the visual quality of ornamental plants: Comparison of three methodologies in the case of the rosebush. *Scientia Horticulturae*, 168, 17-26.
- Schimmenti, E., Galati, A., Borsellino, V., Ievoli, C., Lupi, C., & Tinervia, S. (2013). Behaviour of consumers of conventional and organic flowers and ornamental plants in Italy.
- Sorensen, H. B., Odom, R. E., & DeWerth, A. F. (1961). Consumer Preference for Flowers and Ornamental Plants. Miscellaneous Publication/Texas Agricultural Experiment Station; No. 489.
- Tung, P. C., & Tu, H. M. (2024). Key Factors and Personal Influences on Consumer Consideration in Online Potted Plant Purchases. *HortScience*, 59(7), 1027-1032.
- Wang, S., Chen, T., Wang, C., Liu, Z., Jia, L., & Zhao, X. (2023). The effect of customer satisfaction on floral product purchase behavior, evidence from Shanghai, China. *Scientific Reports*, 13(1), 7945.
- Waliczek, T. M., Byrne, D., & Holeman, D. (2018). Opinions of landscape roses available for purchase and preferences for the future market. *HortTechnology*, 28(6), 807-814.
- Wei, X., Khachatryan, H., Hodges, A., Hall, C., Palma, M., Torres, A., & Brumfield, R. (2023). Exploring market choices in the US ornamental horticulture industry. *Agribusiness*, 39(1), 65-109.
- Yue, C., Dennis, J. H., Behe, B. K., Hall, C. R., Campbell, B. L., & Lopez, R. G. (2011). Investigating consumer preference for organic, local, or sustainable plants. *HortScience*, 46(4), 610-615.

BÖLÜM II

SÜS BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE YENİLİKÇİ TRENDLER

Dr. Öğr. Üyesi Bora BİNGÖL¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514565>

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Burdur, Türkiye. bbingol@mehmetakif.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9644-0921

1. GİRİŞ

Süs bitkileri, farklı yöntemler kullanarak estetik, fonksiyonel ve ekonomik amaçlarla üretilen, çoğaltılan ve büyütülen bitkiler olarak tanımlanmaktadır (TAGEM, 2021). Bu nedenle, süs bitkilerinin kapsamı, üretimi ve pazarlanması çok geniş bir sektördür (SÜSBİR, 2019). Üretimin son derece önemli olduğu süs bitkileri sektörü, ihtiyaçları nedeniyle plastik, ambalaj, seracılık, sulama, gübre, ilaç, kimya, ulaşım vb. gibi farklı sektörlerle de yakın ilişki içindedir.

Süs bitkileri özellikle kentsel alanlarda insan ile doğa arasındaki ilişkilerin düzenlenmesi ve biyolojik konfor gibi doğrudan fiziksel ihtiyaçların karşılanmasına yönelik uygulamaların da temel materyali haline gelmiştir. Çiçek ve süs bitkileri üretimi, doğaya saygı, insanın çevresel ve görsel yaşam kalitesinin artması, estetik sanat kültürünün tanıtımı ve en önemlisi mimari ile çevre tasarım sanatında çok önemli bir unsur olan bir sektördür (Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2019).

Ülkemizde doğal olarak yetişen süs bitkilerinin yanı sıra, yetiştiriciliği yapılan birçok tür de bulunmaktadır. Bu nedenle, bu bitkilere olan talep üretim ve doğadan toplama yoluyla karşılanmaktadır. Süs bitkileri sektörü incelendiğinde farklı alt gruplara ayrıldığı görülmektedir.

Kullanım amacına göre süs bitkileri dört alt gruba ayrılmaktadır (DPT, 2001):

- a) Kesme çiçekler
- b) İç mekân süs bitkileri (saksılı süs bitkileri)
- c) Dış mekân süs bitkileri
- d) Çiçek soğanları

Süs bitkileri sektörü, tüm dünyada birçok ülke için vazgeçilmez ve yüksek katma değer sağlayan önemli bir alt sektördür. Sektör incelendiğinde, sosyo-ekonomik yapıda olan değişimlerin ve çevre bilincinin artmasının süs bitkileri tüketimini de etkilediği görülmektedir. Ayrıca gelişmişlik seviyesi ve kişi başına düşen milli gelir, süs bitkileri talebini doğrudan etkilemektedir (TAGEM, 2021). Özellikle uygun iklime ve düşük işgücü maliyetine sahip gelişmekte olan ülkelerde süs bitkileri üretimi önemli bir iş kolu haline gelmekte ve üreticiler için yeni bir gelir kaynağı oluşturmaktadır.

Ülkemizde de süs bitkileri sektörü önemli bir yere sahiptir. Ülkemizin ekolojisi, sahip olduğu doğal varlıklar açısından bu sektör için ideal bir yapıya sahiptir. Bulduğumuz coğrafyadaki koşullar ve iklim süs bitkilerinin

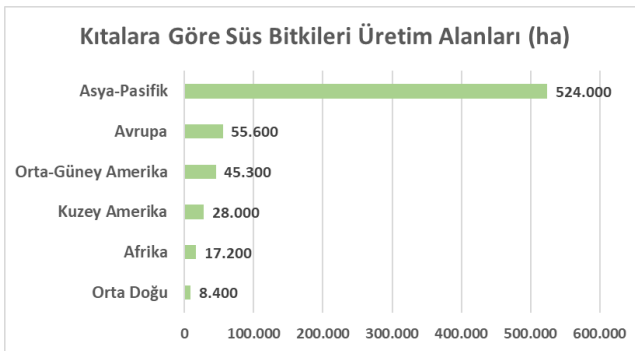
üretimi için son derece elverişlidir. Ayrıca ülkemiz, konumundan ötürü pazar ülkelere yakınlığı ve ucuz işgücüne sahip olması gibi önemli avantajlara da sahiptir (MARKA, 2014). Ancak tüm bu avantajlarına rağmen ülkemizde süs bitkileri sektörü, dünya pazarında hak ettiği yere ulaşmakta zorlanmaktadır.

Enerji giderlerinin yüksekliği ve üretimin kiralık arazilerde yapılması, ülkemizdeki başlıca sorunlardan bir tanesidir (TAGEM, 2021). Sektörün gelişmesi için işletmelerin yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması, standartlara uyum ve pazar taleplerini dikkate alan bir ürün çeşitliliği politikasının izlenmesi ile iç tüketimin artırılması gerekmektedir. Dünyada bu sektörde oluşan yeni trendler de yakından takip edilerek üretim aşamalarında teknoloji ve genetik mühendislik uygulamalarından yararlanılmalıdır. Doğru ve sürdürülebilir devlet destekleme politikalarıyla birlikte teknoloji kullanımına dayalı kaliteli ve uluslararası standartlarda üretim, birliktelik ve örgütlülük, süs bitkileri sektörünün ülkemizde gelişmesi için son derece önemlidir (SÜSBİR, 2020).

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SÜS BİTKİLERİ SEKTÖRÜ

2.1. Dünyada Süs Bitkileri Sektörü

Dünyada süs bitkileri sektörü incelendiğinde toplam 678.500 ha alanda süs bitkileri üretiminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Dünyadaki üretim alanlarının yaklaşık %77,23'ü Asya-Pasifik ülkelerine aittir. Onu sırasıyla Avrupa, Orta-Güney Amerika, Kuzey Amerika ve Afrika kıtaları izlemektedir. Orta Doğu ülkeleri ise süs bitkileri üretiminde %1,24 ile son sırada yer almaktadır (Şekil 1; AIPH, 2023).



Şekil 1. Kıtalara göre dünya kesme çiçek ve saksılı bitkiler üretim alanları (ha) (AIPH, 2023)

Dünya ölçeğinde üretim alanları ülke bazında incelendiğinde Hindistan'ın 282.000 ha ile ilk sırada olduğu görülmektedir. Onu 188.421 ha ile Çin ve 26.780 ha ile ABD takip etmektedir. Dünya genelinde üretim değerleri incelendiğinde ise Çin'in 7.739 milyon Euro üretim değeri ile birinci sırada geldiği görülmektedir. Onu 3.297 milyon Euro ile ABD ve 2.828 milyon/Euro ile Hollanda izlemektedir (AIPH, 2023).

Avrupa kıtası üretim alanları ülke bazında incelendiğinde İtalya'nın 12.724 ha ile birinci sırada olduğu görülmektedir. Onu 8.190 ha ile Hollanda ve 7.573 ha ile İngiltere takip etmektedir. Avrupa kıtası üretim değerleri incelendiğinde Hollanda'nın 2.828 milyon Euro üretim değeri ile Avrupa kıtasında birinci sırada olduğu görülmektedir. Onu İtalya 1.295 milyon Euro ve Almanya 1.102 milyon Euro ile izlemektedir (AIPH, 2023). Sonuçlar incelendiğinde üretim değeri açısından Hollanda'nın Avrupa'da birinci, dünya sıralamasında ise üçüncü olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Hollanda'nın bu sektöre yön veren önemli bir aktör olduğu söylenebilir.

2.2. Türkiye'de Süs Bitkileri Sektörü

Türkiye'de süs bitkisi üretimi İstanbul'da kesme çiçek üretimi ile 1940'lı yıllarda başlamış; ardından Yalova'da yaygınlaşmış, 1975'te İzmir ve 1985'te Antalya'ya yayılmıştır. Önceleri örtü altı alanlarda sınırlı sayıda gerçekleşen üretim son yıllarda açık alanlarda da artış göstermiş ve tür sayısı açısından yelpaze genişlemiştir (TAGEM, 2021).

Türkiye, bulunduğu coğrafya nedeniyle dünyada bulunan sekiz bitki orijin merkezinden üçünün (Akdeniz, Avrupa- Sibiryaya, İran-Turan) özelliklerine sahiptir. 4.000'i endemik (bulunduğu yere özgü) olmak üzere 12.000'den fazla bitki türü bulunmaktadır. Bu açıdan Türkiye, dünyanın en zengin biyoçeşitliliğe sahip ülkelerinden biridir ve bu durum süs bitkileri sektörünün gelişim potansiyelini artırmaktadır (TAGEM, 2021).

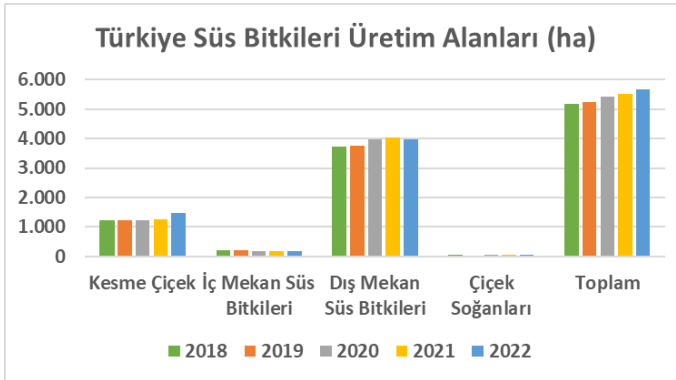
Ülkemizde süs bitkileri üretim alanları incelendiğinde, 2022 verilerine göre toplam 5.637 ha alanda süs bitkileri üretiminin yapıldığı görülmektedir. Bu alanların %70,71'i ise açık, %29,29'u ise koruma altında olan alanlardan oluşmaktadır (Şekil 2) (AIPH, 2023).



Şekil 2. Türkiye’de kesme çiçek ve saksılı bitkiler üretim alanları 2022 (ha)

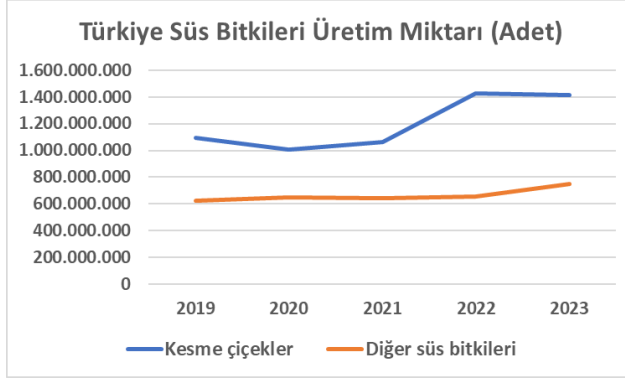
Kaynak: AIPH, 2023

Ülkemizdeki üretim alanları, ürün gruplarına göre incelendiğinde, 2022 yılı verilerine göre %70,08’inin dış mekân süs bitkileri, %25,79’unun kesme çiçek, %3,23’ünün iç mekân süs bitkileri ve %0,90’mın çiçek soğanları alanlarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 3) (TUIK, 2019, 2021, 2023a). Ülkemiz üretim alanları 2021 yılı verilerine göre, ürün gruplarında, illere göre incelendiğinde, kesme çiçek üretim alanlarında %33 ile Antalya ilinin birinci sırada olduğu ortaya çıkmaktadır. Onu %27 ile İzmir ve %14 ile Isparta illeri izlemektedir. İç mekân bitki üretim alanları açısından ise %20 ile İzmir ilinin birinci sırada olduğu görülmektedir. Onu %19 ile Adana ve %17 ile Antalya illeri takip etmektedir. Dış mekân süs bitkileri üretim alanları bakımından ise %32 ile İzmir ilimiz birinci sırada gelmektedir. Onu %26 ile Sakarya ve %11 ile Bursa illeri takip etmektedir (TUIK, 2022).



Şekil 3. Türkiye’de süs bitkileri üretim alanlarının ürün gruplarına göre dağılımı 2018-2022 (ha) (TUIK, 2019, 2021, 2023a)

Türkiye’de süs bitkileri üretim miktarı, ürün gruplarının payı ve yıllara göre değişimi Şekil 4’te gösterilmiştir. Verilere göre, üretim miktarında en yüksek payın kesme çiçek sektöründe olduğu anlaşılmaktadır (TUIK, 2019, 2021, 2023).



Şekil 4. Türkiye süs bitkileri üretim miktarı 2019-2023 (adet) (TUIK, 2019, 2021, 2023a)

2022 yılı itibarıyla süs bitkileri sektöründeki toplam ithalatımız 129.064.000 Euro, ihracatımız ise 44.409.000 Euro’dur. İhracat yaptığımız ülkeler arasında kesme çiçek sektöründe birinci sırada Hollanda yer alırken, onu İtalya ve Fransa takip etmektedir. İthalat yaptığımız ülkeler incelendiğinde, kesme çiçek sektöründe yine birinci sırada Hollanda bulunmakta, onu İngiltere ve Romanya izlemektedir. Canlı bitki ithalatında ise ilk sırayı Özbekistan almakta, ardından Azerbaycan ve Türkmenistan gelmektedir (TUIK, 2023b). Verilere göre, dünyada süs bitkileri ticaretinde önemli bir aktör olan Hollanda’nın ülkemiz için önemli bir ithalat ve ihracat kapısı olduğu görülmektedir.

3. SÜS BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE İNOVASYON

Süs bitkileri sektöründe verimliliği artırmak, sürdürülebilirliği sağlamak ve müşteri taleplerine yanıt verebilmek için yenilikçi uygulamalara ihtiyaç vardır. Bu uygulamalar, süs bitkileri sektörünün gelişiminde önemli bir yer tutmaktadır. Süs bitkileri üretiminde bu trendler, yeni teknolojilerin kullanılması ile genetik mühendislik ve hibrit tür çalışmaları gibi iki ana başlık altında incelenebilir.

3.1. Süs Bitkisi Üretiminde Teknolojik Entegrasyon

Sektörde teknolojinin entegrasyonu, bitki yetiştiriciliğinin çeşitli yönlerini kolaylaştırmıştır. Yeni teknolojiler verimliliği artırmış ve üretim maliyetlerini düşürmüştür. Bitki ihtiyaçlarını tahmin etme ve sorunları önceden teşhis edebilme yeteneği, büyüme optimizasyonuna uygulandığında, yetiştiricilerin bilinçli kararlar almasını sağlayarak daha sağlıklı, kaliteli ve standart ürünler yetiştirmelerine olanak tanımaktadır. Süs bitkileri yetiştiriciliğinde otomasyon ve robotik kullanımı, üretim sürecini basitleştirerek yetiştiriciler için artan verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlamıştır.

a) Ekim-Hasat Robotları ve İşlevleri: Üretim sürecinde otomasyon ve robotiğin ortaya çıkması, süs bitkisi fidanlıklarında verimliliği büyük ölçüde artırmıştır. Otomatik sistemler artık dikim ve hasat gibi görevlerde kullanılmakta, işçilik maliyetlerini önemli ölçüde azaltmakta ve üretim oranlarını artırmaktadır. Ayrıca, otomatik sistemler insan hatalarını en aza indirdiğinden daha tutarlı ve yüksek kaliteli çıktılara da katkıda bulunmaktadır. Bu teknolojik değişim, üreticileri yalnızca işgücü sıkıntısından kurtarmakla kalmaz, aynı zamanda hızlı tempolu bir pazarda süs bitkilerine olan artan talebi karşılamaya da yardımcı olur.

Ekim robotları, tohumların belirli bir derinlikte ve belirli aralıklarla toprağa yerleştirilmesini sağlar. Ayrıca, ekim işlemi sırasında toprağın nem oranını ve sıcaklığını da kontrol edebilirler. Otomatik ekim makineleri, sensörler ve yapay zekâ algoritmaları sayesinde en uygun ekim koşullarını belirleyerek, tohumların çimlenme oranını artırır ve bitki gelişimini optimize eder. Otomatik ekim, tohum kullanımını optimize ederek gereksiz israfı önler ve maliyetleri azaltır (Şekil 5a).

Hasat robotları, süs bitkisi üretiminde en yaygın kullanılan robot türlerinden biridir. Bu robotlar, bitkilerin hasat edilmesi sürecinde iş gücünü ve zaman maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Hasat robotları, genellikle bir dizi sensör ve görüntü işleme teknolojisi ile donatılmıştır. Bu sayede, olgunlaşmış bitkileri tespit eder ve onları hassas bir şekilde toplayabilir. Aynı zamanda, bitkilerin hasar görmesini önleyerek kalite kaybını en aza indirir (Şekil 5b).

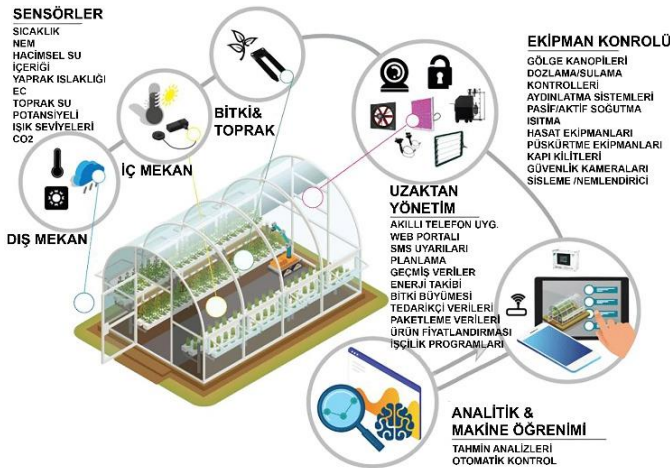


(a)

(b)

Şekil 5. (a) RoBoPlant ekim robotu (b) Hasat robotu ((a) “RoBoPlant”, t.y. (b) “Onderzoeksprojecten”, 2023)

b) Akıllı Sera Sistemleri: Akıllı sera sistemleri, bitki üretiminde verimliliği artırmak ve çevresel kontrolleri optimize etmek için kullanılan ileri teknoloji uygulamalarıdır. Bu sistemler, sıcaklık, nem, ışık ve karbondioksit seviyeleri gibi çevresel faktörleri otomatik olarak izler ve kontrol eder. Dünyada yapay zekanın kullanımı artık sera sistemleri içinde tercih edilmeye başlanmıştır. Birçok sera işletmesi, yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerini kullanarak sera koşullarını optimum düzeyde tutmayı başarmıştır. Bu teknolojik ilerleme, bitkilerin sağlıklı büyümesi için ideal ortamı sağlar ve aynı zamanda enerji ile su gibi kaynakların etkin kullanımına katkıda bulunur. Akıllı sensörler ve kontrol sistemleri, sera içi koşulları sürekli izleyerek gerektiğinde otomatik ayarlamalar yapar ve bu sayede insan hatalarından kaynaklanabilecek verim kayıplarını minimize eder (Şekil 6).



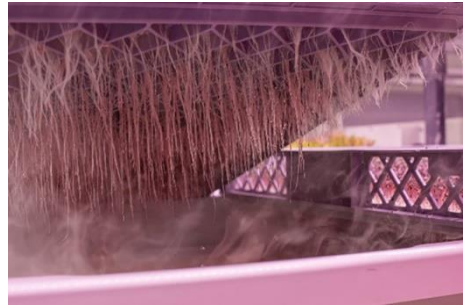
Şekil 6. Akıllı sera sistemleri (“Smart greenhouse”, t.y.)

c) **Topraksız Tarım:** Süs bitkisi yetiştiriciliğindeki bir diğer yenilikçi trend, hidroponik ve aeroponik kullanımını içermektedir. Hidroponik, bitkileri beslemek için besin açısından zengin su çözeltileri kullanarak topraksız bitki yetiştirme yöntemidir (Şekil 7a). Aeroponik yöntemse bitki köklerini havada asılı tutarak ve besin çözeltileriyle sisleyerek bunu bir adım öteye taşır (Şekil 7b). Bu topraksız yetiştirme yöntemleri, su ve besin kullanımındaki verimlilikleri ve daha kısa sürede daha yüksek verim elde etme yetenekleri nedeniyle popülerlik kazanmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan akıllı sensörler, toprak nemi, sıcaklık ve pH seviyeleri hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak bu uygulamaları daha da zenginleştirmiş ve optimum bitki sağlığı ile büyümesini garanti altına almıştır.

Hidroponik ve aeroponik, seralar ve iç mekân dikey bahçeleri gibi kontrollü ortamlarda süs bitkileri yetiştirmek için kullanılmakta ve bu da yıl boyunca yetiştirme ile daha güvenilir bitki tedariki sağlamaktadır. Dikey bahçecilik, çatı bahçeleri ve iç mekân bitki duvarları, yeşilliği kentsel ortamlara dahil etmenin giderek daha popüler yolları haline gelerek, bu benzersiz koşullarda gelişebilen süs bitkilerine olan talebi artırmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 7. (a) Hidroponik sistemde üretim (b) Aeroponik sistemde üretim ((a) Matthews, 2022 (b) “Growing plants with sound: LettUs Grow develops ultrasonic technology to boost sustainable production in horticulture”, 2022)

d) **Otomatik Sulama ve Gübreleme Sistemleri:** Akıllı sulama sistemleri, zamanlayıcılar, nem sensörleri ve hava durumu tahminleri gibi verileri bir araya getirerek sulama programlarını optimize eder. Otomatik sulama ve gübreleme sistemleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su ve besin maddelerini doğru zamanda ve uygun miktarda sağlayarak verimliliği artırır.

Özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, suyun verimli kullanımı kritik öneme sahiptir. Damlama (drip) sulama ve yağmurlama (sprinkler) sistemleri gibi otomatik sulama yöntemleri, bitkilerin kök bölgesine yönlendirilmiş etkili sulama sağlar ve su kaybını en aza indirir. Aynı şekilde, gübrenin kontrollü ve dengeli bir şekilde verilmesi, bitkinin optimum besin seviyesini korur ve büyümesini destekler. Bu yöntemler, üretim süreçlerinde iş gücü ihtiyacını azaltırken, bitki sağlığı ve ürün kalitesini de artırmakta ve sürdürülebilir üretime katkı sağlamaktadır.

e) **Bilişim Teknolojilerinin Kullanımı:** Bilişim teknolojileri, süs bitkisi üretiminde veri toplama, analiz ve yönetim süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Özellikle büyük veri (big data) analizleri ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirmektedir. Bitki gelişiminin izlenmesi ve üretim süreçlerinin optimizasyonu için kullanılan yazılımlar, üreticilere anlık veriler sunarak karar verme süreçlerini desteklemektedir. Bitki sağlığı izleme sistemleri, sensörler aracılığıyla hastalık ve zararlıları tespit edebilir ve bu bilgileri üreticilere ileterek hızlı müdahale edilmesini sağlar. Ayrıca, drone ve uydu teknolojileri, geniş alanlarda bitki sağlığını ve büyümesini izlemek için kullanılabilir, bu da büyük ölçekli üretimlerde verimliliği artırır (Şekil 8).

f)



Şekil 8. Üretimde drone kullanımı (“Agriculture”, t.y.)

3.2. Genetik Mühendislik ve Hibrit Türler

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji, süs bitkisi yetiştiriciliğinin geleceğini şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Hastalık direnci,

daha uzun çiçeklenme dönemleri ve renkler, desenler gibi istenen özelliklere sahip bitkiler geliştirerek yetiştiriciler daha dayanıklı ve görsel olarak daha çekici bitkiler üretebilmektedir. Doku kültürü ve genetik modifikasyon gibi biyoteknolojik teknikler, yetiştiricilerin bitkileri kontrollü bir ortamda çoğaltmalarına olanak tanıyarak, daha kısa sürede geliştirilmiş özelliklere sahip süs bitkileri üretmelerinin önünü açmış ve sektörde devrim yaratmıştır.

a) Genetik Modifikasyon Yöntemleri: Genetik mühendislik, süs bitkilerinin özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için kullanılan bilimsel bir yaklaşımdır. Modern genetik modifikasyon yöntemleri, bitkilerin genetik materyallerinde belirli değişiklikler yaparak hastalıklara dayanıklılık, büyüme hızı ve estetik özellikler gibi istenen niteliklerin etkin bir şekilde elde edilmesini sağlar. Bu tür genetik müdahaleler, üretim süreçlerinde verimliliği artırmak ve ürün kayıplarını azaltmak açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

b) Yüksek Verimli Hibrit Türler: Hibrit bitki türleri, yetiştirme sürecinde iki farklı türün en iyi özelliklerini birleştirerek oluşturulan bitkilerdir. Bu yöntem, özellikle üretimde verimliliği artırmak amacıyla sıkça kullanılmaktadır. Yüksek verimli hibrit süs bitkileri, daha güçlü büyüme, hastalıklara karşı direnç ve estetik açıdan çekici çiçekler üretmek gibi avantajlar sunar. Hibridizasyon, yalnızca bitki kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda üretim maliyetlerini düşürerek ekonomik sürdürülebilirliği de destekler.

c) Hızlı Büyüyen Bitki Çeşitleri: Hızlı büyüyen bitki çeşitleri, süs bitkileri üretiminde zaman ve maliyet tasarrufu sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Bu tür bitkiler, kısa bir büyüme sürecine sahip olup hızlı bir şekilde hasat edilebilir. Bu bitkiler, hızlı büyüme döngüleri sayesinde üreticilere daha sık hasat yapma ve daha kısa sürede gelir elde etme imkânı sunar. Hızlı büyüme özelliklerine sahip bitkiler, çevre düzenlemelerinde, erozyon kontrolünde ve yeşil alan oluşturulmasında etkin bir şekilde kullanılmakta ve tercih edilmektedir.

4. SONUÇLAR

Süs bitkisi üretiminde yenilikçi uygulamalar, sektördeki verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmak için kritik bir öneme sahiptir. Teknoloji, genetik ve sürdürülebilirlik alanındaki sürekli gelişmeler sektörü şekillendirmektedir.

Teknolojik ilerlemeler, akıllı sera sistemleri, otomatik sulama ve gübreleme yöntemleri ile bilişim teknolojilerinin kullanımı, üreticilerin verimliliğini artırarak kaynak kullanımını optimize etmektedir. Genetik mühendislik ve hibrit türler, bitki kalitesini ve dayanıklılığını artırırken, hızlı büyüyen bitki çeşitleri zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Sürdürülebilir üretim yöntemleri, çevre dostu üretimi teşvik etmektedir. Bu kapsamlı yaklaşımlar, süs bitkisi sektöründe uzun vadeli başarı ve sürdürülebilir büyüme için gereklidir.

Süs bitkisi üretimindeki teknolojik gelişmeler, verimlilik, sürdürülebilirlik ve pazar erişilebilirliği açısından yeni bir çağı başlatmıştır. Biyoteknoloji, otomasyon ve dijital pazarlama stratejilerinin uygulanması, bitkilerin nasıl yetiştirildiği ve satıldığı konusunda dönüşüm yaratmada önemli bir rol oynamıştır.

Süs bitkisi endüstrisi gelişmeye devam ettikçe, üreticilerin rekabetçi kalabilmek ve hızla değişen bir pazarın taleplerini karşılayabilmek için bu teknolojileri benimsemeleri giderek daha da önemli hale gelmiştir. Üreticiler, inovasyondan yararlanarak operasyonlarının gelecekteki başarısını garanti altına alabilirken, aynı zamanda çevreyi olumlu yönde etkileyebilirler.

KAYNAKÇA

- Agriculture. (t.y.). *Volare Drone Innovations*. Erişim adresi: <https://www.volareinnovations.ca/sectors/agriculture> adresinden erişildi.
- AIPH. (2023). *International Statistics Flowers And Plants 2023* (C. 71). UK: International Association of Horticultural Producers (AIPH). [Adobe Acrobat Reader sürümü]. Erişim adresi: <https://aiph.org/wp-content/uploads/2024/02/ISYB-2023-08.02.24.pdf>
- DPT. (2001). *8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu, Süs Bitkileri Alt Komisyon Raporu* (s. 140). Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı Yayın ve Basım Şube Müdürlüğü. Erişim adresi: <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/13127>
- Growing plants with sound: LettUs Grow develops ultrasonic technology to boost sustainable production in horticulture. (2022, 24 Mayıs). *LettUs Grow*. Erişim adresi: <https://www.lettusgrow.com/blog/aeroponics-ultrasonics-indoor-farming>
- MARKA. (2014). *Doğu Marmara Bölgesi Süs Bitkileri Sektör Raporu* (s. 54). Kocaeli: T.C. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı. Erişim adresi: <https://www.marka.org.tr/wp-content/uploads/2022/06/Dogu-Marmara-Sus-Bitkiciligi-Sektor-Raporu-2014.pdf>
- Matthews, D. (2022, 21 Kasım). Beautiful Flower Varieties You Can Grow Hydroponically To Brighten Up Your Home. *The Salad Table*. Erişim adresi: <https://thesaladtable.com.au/blogs/news/beautiful-flower-varieties-you-can-grow-hydroponically-to-brighten-up-your-home>
- Onderzoeksprojecten. (2023, 28 Şubat). *Wageningen University Research*. Erişim adresi: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plant-research/business-units/glastuinbouw/programmas/club-van-100/onderzoeksprojecten.htm>
- RoBoPlant. (t.y.). *ISO Horti Innovators*. Erişim adresi: <https://www.isohorti.com/en/machines/roboplant/>
- Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2019). *Süs Bitkileri Sektör Raporu Sorunları ve Çözüm Önerileri* (s. 52). Samsun: T.C. Samsun Valiliği,

- İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Erişim adresi: https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Tarimsal_strateji/sus_bitkileri_sektor_raporu.pdf
- Smart greenhouse. (t.y.). *Sustainable Food System Innovation Platform*. Erişim adresi: <https://www.smartchain-platform.eu/en/innovation/smart-greenhouse> adresinden erişildi.
- SÜSBİR. (2019). *Süs Bitkileri Sektör Raporu 2019* (s. 14). Ankara: Süs Bitkileri Üreticiliği Alt Birliği. Erişim adresi: <https://www.susbir.org.tr/yeni/belgeler/raporlar/susbir-sektor-raporu-2019.pdf>
- SÜSBİR. (2020). *Süs Bitkileri Sektör Raporu 2020* (s. 15). Ankara: Süs Bitkileri Üreticiliği Alt Birliği. Erişim adresi: <https://www.susbir.org.tr/belgeler/raporlar/sus-bitkileri-sektor-raporu.pdf>
- TAGEM. (2021). *Süs Bitkileri Sektör Politika Belgesi 2020-2024* (s. 88). Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/SÜS%20BITKILERIsektorpolitika%20.pdf>
- TUIK. (2019). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2019*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2019-30685>
- TUIK. (2021). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2021*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>
- TUIK. (2022). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2022*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>
- TUIK. (2023a). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2023*. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535>
- TUIK. (2023b). *Foreign Trade Statistics, 2023*. Erişim adresi: https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu_ing.zul

BÖLÜM III

YAPAY ZEKANIN SÜS BİTKİLERİ TEŞHİSİNDE KULLANIMI

Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514595>

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Planlama ve Tasarımı Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye. cemilbilgili@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-74845140

1. GİRİŞ

Süs bitkilerinin teşhisinde yapay zeka (AI) kullanımının artışı, tarımsal uygulamalarda teknolojik bir dönüşüm yaratmıştır. Tarımın diğer alanlarında olduğu gibi peyzaj mimarlığı alanında bitki sağlığı ve verimliliğini artırmaya yönelik olarak, makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmalarıyla desteklenen AI sistemleri, teşhis süreçlerinde doğruluğu ve verimliliği geleneksel yöntemlere kıyasla belirgin şekilde artırmıştır. Bu sistemler sayesinde süs bitkilerinin teşhisi ve hastalıkları daha hızlı tespit edilmekte, böylece insan uzmanlığına dayanan geleneksel yöntemlerden daha hızlı müdahale olanakları sağlanmaktadır (Jafar vd., 2024). Özellikle süs bitkileri sektöründe hastalıkların zamanında teşhis edilmesi, çiçek ürünlerinin kalitesi ve verimliliği açısından kritik önem taşımaktadır.

Evrışimli sinir ağları (CNN) gibi teknikler kullanan AI destekli sistemler, görüntü sınıflandırma görevlerinde üstün başarı göstermiş ve bitki teşhisi ile hastalıklarının tanımlanmasında %99'a varan doğruluk oranlarına ulaşmıştır (Liu ve Wang, 2021; Shoaib vd., 2023). Bu teknolojiler yalnızca bitki teşhisi ve hastalıkların erken tespitini kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda süs bitkileri yetiştiriciliğinin yönetimi konusunda veri odaklı kararlar alınmasına katkı sağlamaktadır. Böylece kaynak kullanımı optimize edilmekte ve kimyasal işlemlere olan bağımlılık en aza indirilmektedir (Cembrowska-Lech vd., 2023; Wani vd., 2023). AI araçlarının uygulanması, nesnelerin interneti (IoT) cihazları üzerinden gerçek zamanlı veri toplanması ile desteklenmekte olup, bu sayede teşhis süreçlerinin doğruluğu artmakta ve daha hızlı müdahaleler mümkün hale gelmektedir.

Bu ilerlemelere rağmen, AI'nın süs bitkilerinin teşhisine entegrasyonu bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Veri setlerinin kalitesi ve boyutundaki sınırlılıklar önemli bir engel teşkil etmektedir; mevcut modeller genellikle kontrollü ortam verilerine dayalı olduğu için gerçek dünyadaki değişkenlikleri tam olarak yansıtamamaktadır (Traversari vd., 2021; Anonim, 2024). Ayrıca, AI algoritmalarının karmaşıklığı arttıkça, şeffaflık ve açıklanabilirlik konularındaki endişeler de büyümektedir. Bu faktörler, süs bitkileri yetiştiricilerinin güvenini kazanmak ve teknolojinin sorumlu bir şekilde benimsenmesini sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir (Yang vd., 2024). AI'nın gelişimi sürecinde, veri gizliliği ve otomasyonun işgücü

piyasaları üzerindeki etkisi gibi etik konular da çözülmesi gereken temel sorunlar olarak öne çıkmaktadır.

Genel olarak, süs bitkilerinin teşhisinde AI kullanımı, tarımsal uygulamalarda bitki yetiştiriciliğine daha sürdürülebilir ve verimli bir sağlık yönetimi yaklaşımı kazandırarak önemli bir dönüşüm örneği oluşturmaktadır. Devam eden araştırmalar mevcut zorlukları aşmayı hedeflerken, AI'nın süs bitkileri endüstrisinde devrim yaratma potansiyeli umut vericidir; böylece daha akıllı ve dayanıklı yetiştirme uygulamalarının benimsenmesinin önü açılmaktadır (Cembrowska-Lech vd., 2023; Sagar vd., 2023).

2. TARİHSEL SÜRECİ

AI'nın süs bitkilerinin teşhis süreçlerine entegrasyonu, son birkaç on yılda önemli bir gelişim göstermiştir. Başlangıçta, bitki hastalıklarının teşhisi büyük ölçüde manuel tanımlama ve sınıflandırmaya dayanmakta olup, bu süreçler zaman alıcı olmasının yanı sıra insan hatasına açık bir yapıda süre gelmiştir. Bu geleneksel yöntemler, bitki teşhisi ve hastalıklarının karmaşık ve ince özelliklerini yakalamada sınırlı olan manuel tekniklerle özellik çıkarımına dayanmaktadır (Shoaib vd., 2023; Jafar vd., 2024).

ML ve DL teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla tarım sektörü, özellikle de süs bitkisi üretimi, teşhis ve hastalıkların tanımlanmasında otomatik sistemlerin potansiyelini araştırmaya başlamıştır. Bu teknolojilerin erken uygulamaları, teşhis süreçlerinde hassasiyet ve hız kapasitesini artırma yönündeki yeteneklerini sergileyerek manuel yöntemlerin sınırlamalarından uzaklaşılmasını sağlamıştır (Liu ve Wang, 2021; Shoaib vd., 2023). Örneğin, çeşitli bitki hastalıklarının tanınması ve sınıflandırılmasında CNN kullanan çalışmalar, daha güvenilir ve etkili teşhisler sunarak bu alanda önemli bir değişim yaratmıştır (Shoaib vd., 2023; Jafar vd., 2024).

AI gelişmeye devam ettikçe, gerçek dünyadaki uygulamaların ele alınması giderek daha fazla önem kazanmaktadır; veri kümesi boyutundaki sınırlılıklar ve sağlam, gerçek zamanlı uygulamalara duyulan ihtiyaç gibi zorluklar, tarımsal ortamlardaki AI uygulamalarında kritik rol oynamaktadır. Doğal ortamlarda hastalık tespiti, süs bahçeciliği alanında AI'nın sınırlarını zorlayan ve çözüme yönelik sürekli araştırmaların devam ettiği bir konu olmaya devam etmektedir (Cembrowska-Lech vd., 2023; Shoaib vd., 2023; Jafar vd., 2024). Bu teknolojilerin gelişimi, sürdürülebilir ve eşitlikçi

uygulamaların teşviki açısından büyük önem taşıyarak, çiçek üretimi ve genel tarımsal verimliliğe katkı sağlamaktadır.

3. BİTKİ TEŞHİSİNDE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ

AI teknolojileri, bitki teşhisi ve hastalıkların yönetim süreçlerini köklü biçimde dönüştürmüştür. Bu yenilikler, bitkilerdeki anormalliklerin belirlenmesinde doğruluk ve verimliliği artırmak amacıyla DL yöntemleri ve ML algoritmalarından yararlanmaktadır.

3.1. Görüntü Sınıflandırmasında Derin Öğrenme

DL, görüntülerden karmaşık özellikler çıkarmak için güçlü bir yöntem olarak öne çıkmış ve büyük ölçüde elle üretilmiş özelliklere dayanan geleneksel manuel tekniklerin yerini almıştır. Geleneksel yöntemler, insan uzmanlığına bağımlı olduklarından tutarsızlıklara ve hatalara yatkındır; bu nedenle, bir görüntünün ince veya gizli özelliklerini algılama yetenekleri sınırlıdır (Shoaib vd., 2023). Buna karşın, DL tabanlı yöntemler, derin özellikleri otomatik olarak çıkarabilen ve analiz edebilen yapay sinir ağlarını kullanmaktadır; bu da onları nesne ve yüz tanıma, görüntü segmentasyonu gibi uygulamalar için son derece etkili hale getirmektedir.

3.2. Evrimsel Sinir Ağları (CNN)

CNN, bitki hastalığı tespiti gibi görevlerde üstün doğruluk sergileyen ve DL'de yaygın olarak kullanılan bir mimaridir. 2012 yılında geliştirilen AlexNet ve 2014 yılında tanıtılan VGG gibi modeller, görüntü sınıflandırma zorluklarında yüksek performans gösteren CNN yapılarının önde gelen örneklerindedir (Işık vd., 2021; Shoaib vd., 2023). AlexNet, ImageNet sınıflandırma yarışmasını kazanarak dikkat çekerken, VGG modeli bitki yaprağı verilerindeki gizli kalıpları belirlemede başarılı olmuş ve bitki lezyonlarını tespit etmek için yaygın şekilde kullanılmıştır. Araştırmalar, CNN hastalıklı bitki yapraklarının görüntülerini sınıflandırmada %99 ila %99,2 arasında değişen doğruluk oranlarına ulaşabildiğini göstermektedir (Shoaib vd., 2023).

3.3. Veri Artırma Teknikleri

Bitki zararlısı tespitinde küçük veri kümelerinin oluşturduğu sorunu aşmak için veri artırma teknikleri giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu teknikler, yansıtma, ölçekleme ve kontrast ayarlama gibi çeşitli görüntü

işleme işlemlerini içermekte ve model performansını artırmak amacıyla ek eğitim örnekleri üretmektedir. Ayrıca, Üretici Çelişkili Ağlar (GAN'lar) ve otokodlayıcılar, DL modellerinin dayanıklılığını önemli ölçüde artırmak amacıyla çeşitli örnekler üretmek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu tekniklerin etkinliği, orijinal veri kümesinin kalitesi ve çeşitliliğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Shoaib vd., 2023).

3.4. Çoklu Görev Öğrenme Ağları

Son gelişmeler, bitki hastalıklarını eşzamanlı olarak kategorize edebilen ve segmentlere ayırabilen çoklu görev öğrenme ağlarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Sadece görüntü sınıflandırması yapan geleneksel tahmin modellerinin aksine, bu ağlar, hassas lezyon tespiti için ek bir dal içermektedir. Bu ikili yaklaşım, yalnızca sınıflandırma doğruluğunu artırmakla kalmayıp veri örnekleme gereksinimlerini de azaltmaktadır. Örneğin, DVGVCNN modeli, bitki rahatsızlıklarını gölgeler ve parlaklık seviyeleri gibi çeşitli çevresel faktörleri dikkate alarak tespit etme üzere geliştirilmiştir (Shoaib vd., 2023).

4. YAPAY ZEKA DESTEKLİ BİTKİ TANISI

AI sistemleri, uydu veya drone teknolojisi ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüleri hızla analiz ederek bitki teşhisinde devrim yaratmıştır. Bu yetenek, bitki stresi veya hastalığının erken belirtilerinin tespit edilmesini ve potansiyel verim sonuçlarının tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır. Geleneksel olarak uzmanlar tarafından görsel incelemeler yoluyla yapılan bu tür analizler zaman alıcıdır ve hata yapma olasılığı yüksektir. Buna karşın, AI sistemleri saniyeler içinde binlerce görüntüyü değerlendirme kapasitesine sahip olup, süs bitkilerindeki sağlık sorunlarının hızlı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesini sağlamaktadır (Wani vd., 2023).

5. SÜS BİTKİLERİ TANISINDA UYGULAMALAR

5.1. Nesne Algılama ve Hastalık İzleme

AI, çeşitli nesne algılama ağları aracılığıyla süs bitkilerindeki hastalıkların teşhisinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu ağlar, bitkilerin yüksek çözünürlüklü görüntülerini analiz ederek hastalık veya zararlı istilasının erken belirtilerini hızlıca tespit etmeye olanak tanımaktadır. Bu yetenek, bitki sağlığını ve verimliliğini artırmak için gerekli olan zamanında müdahale ve

tedaviyi mümkün kılmaktadır. AI destekli görüntüleme teknolojisi, bitki hastalığı tespiti için uyarlanmış DL modellerinin geliştirilmesi ve doğrulanmasında önemli olup, yaprak şekli, rengi ve dokusundaki değişiklikler gibi ayrıntılı bitki morfolojisini yakalayabilmektedir (Shoab vd., 2023).

5.2. Veri Odaklı Karar Alma

AI, geniş veri kümelerini analiz ederek süs bitkileri yetiştiricilerin ürün yönetimi konusunda bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda, atığı azaltmak ve estetik verimliliği artırmak amacıyla hasat zamanlamasını optimize etmek gibi süreçler yer almaktadır. Ayrıca, ML algoritmaları hastalık oluşumlarını tahmin edebilmekte ve böylece zararlı pestisit kullanımını azaltan proaktif önlemler alınmasına olanak sağlamaktadır (Cembrowska-Lech vd., 2023). AI'nın IoT ile entegrasyonu ise daha etkili lojistik ve tedarik zinciri yönetimini kolaylaştırmakta; çiçek yetiştiricilerinin talebini doğru tahmin etmelerine ve atığı en aza indirmelerine yardımcı olmaktadır (Cembrowska-Lech vd., 2023).

5.3. Mantar Hastalıklarının Tespiti İçin Yeni Yaklaşımlar

AI uygulamaları, süs bitkilerinde mantar hastalıklarının erken tespiti için yenilikçi yöntemler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Görüntüleme sensörleri ile moleküler biyoloji tekniklerinin bir kombinasyonunu kullanan araştırmacılar, mikro iklim eğilimlerini temel alarak mantar riski değerlendiren modeller uygulayabilmektedir. Bu metodolojiler, süs bitkisi hastalıklarının yönetiminde daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunarak kimyasal müdahaleye olan ihtiyacı azaltmaktadır (Traversari vd., 2021).

5.4. Gelişmiş Büyüme İzleme

AI teknolojileri, hastalık tespiti işlevinin ötesinde, süs bitkilerinin çeşitli büyüme parametrelerini izleme yeteneğine de sahiptir. Bu bağlamda, yaprak alanı, gövde çapı ve çiçek boyutu gibi parametrelerin izlenmesi, aydınlatma, sıcaklık ve sulama gibi büyüme koşullarının optimize edilmesinde kritik bir rol oynar. Bu tür gelişmeler, yetiştiricilerin süs bitkileri sektöründe hem üretkenliği hem de sürdürülebilirliği artırmalarına olanak tanırken, bitki sağlığını destekleyen kontrollü bir çevre oluşturabilmelerini sağlar (Cembrowska-Lech vd., 2023).

5.5. Robotik ve Otomasyon

Çiçekçilik endüstrisinde robotik uygulamalarının kullanımı, AI'nın tanı ve yönetim süreçlerindeki rolünü daha da pekiştirerek peyzaj alanında yenilikçi çözümler sunmaktadır. Otomatik sistemler, çiçek mahsullerinin yetiştirilmesi, bakımı ve hasadı gibi işlemleri yerine getirerek işgücü eksikliklerini giderebilmekte ve operasyonel verimliliği artırabilmektedir. Bu teknolojik sinerji, süs bitkisi üretiminde daha sürdürülebilir ve eşitlikçi bir yaklaşımı teşvik ederken, peyzaj sektörünün hızla değişen çevresel ve ekonomik zorluklarla başa çıkmasına olanak sağlar (Cembrowska-Lech vd., 2023).

6. ÖRNEK ÇALIŞMALAR

6.1. Yapay Zekanın Hastalık Tespitinde Uygulanması

Peyzaj alanında yapılan çeşitli vaka çalışmaları, süs bitkilerinde hastalık teşhisinde AI'nın etkinliğini göstermiştir. Bu çalışmalar, hastalık tespit doğruluğunu artırmak amacıyla ML ve DL tekniklerinin kullanımına odaklanmaktadır. Örneğin, yapılan araştırmalar, süs bitkilerinin yanı sıra domates, acı biber, patates ve salatalık gibi sebzelerde yaygın hastalıkların sınıflandırılmasını başarılı bir şekilde ortaya koymuştur. Bu gelişmeler, erken hastalık müdahale stratejilerini kolaylaştırarak bitki sağlığı ve verimini artırmakta, böylece peyzaj ve bitki yönetimi uygulamalarında önemli ilerlemelere katkı sağlamaktadır (Jafar vd., 2024).

6.2. Performans Ölçümleri

AI'nın bitki teşhisi ve hastalıklarının sınıflandırmada kullanımı, oldukça yüksek doğruluk oranlarıyla dikkat çekmektedir. Örneğin, bir model %99,0 genel sınıflandırma doğruluğu ve %88,73 hastalık şiddeti değerlendirme doğruluğu elde etmiştir. Bu metrikler, AI teknolojilerinin süs bitkilerinin sağlığını yönetmede etkili, kesin ve zamanında müdahale sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır (Yang vd., 2024). Ayrıca, dekonvolüsyon gibi gelişmiş tekniklerin kullanılması, belirli hastalık belirtilerini daha belirgin hale getirerek %97,81'lik bir hastalık sınıfı tanımlama doğruluğu ve %96,44'lük bir lezyon segmentasyon piksel doğruluğu sağlamıştır (Shoab vd., 2023). Bu doğruluk seviyeleri, peyzaj mimarlığında bitki sağlığının proaktif ve hassas yönetimini desteklemekte, peyzaj alanlarında sürdürülebilir yeşil altyapı ve estetik değerlere katkı sağlamaktadır.

6.3.Zorluklar ve Gelecekteki Olanaklar

Önemli ilerlemelere rağmen, AI'nın bitki teşhisi ve hastalıklarının teşhis etmedeki kullanımı sınırlı veri kümeleri ve tanımlama doğruluğundaki eksiklikler gibi bazı zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu sınırlamaları aşmak için veri artırma yöntemleri ve kendi kendine denetlenen öğrenme için öğretmen-öğrenci ağları gibi stratejiler önerilmiştir. Gelecekteki araştırmalar, veri seti kalitesini artıracak dayanıklı araçlar ve metodolojiler geliştirmeye odaklanmalı; böylece, AI modellerinin performansları iyileştirmelidir (Sagar vd., 2023; Shoaib vd., 2023).

Bu tür vaka çalışmaları, AI teknolojilerinin süs bitkilerindeki hastalıkları teşhis etmede dönüştürücü potansiyelini ortaya koymakta ve daha verimli, sürdürülebilir tarımsal ve peyzaj uygulamalarının geliştirilmesi için yeni bir yol açmaktadır. Bu gelişmeler, peyzaj alanında bitki sağlığı yönetimini iyileştirmekte, hastalıkların erken teşhis ve müdahale imkanlarını artırmakta, bu sayede yeşil alanların estetik ve ekolojik değerini korumada önemli bir katkı sağlamaktadır.

6.4.Zorluklar ve Sınırlamalar

AI'nın süs bitkilerinde teşhis, hastalık tanısı ve sağlıklı büyümenin izlenmesinde uygulanması, etkinliği ve geniş çapta benimsenmesi önünde çeşitli zorluklar ve sınırlamalar barındırmaktadır. Bu zorluklar, çoğunlukla sınırlı ve çeşitliliği düşük veri kümeleri, çevresel koşullardaki değişkenlikler ve AI modellerinin farklı bitki türlerine uyum sağlama güçlüğü gibi unsurlardan kaynaklanmaktadır. Bu kısıtlar, YZ teknolojilerinin peyzaj uygulamalarında daha yaygın kullanılabilmesi için veri kalitesini artıracak ve farklı ekolojik koşullara adaptasyon sağlayacak çözümler gerektirmektedir. Söz konusu sınırlamaların aşılması, peyzaj mimarlığında sürdürülebilir bitki sağlığı yönetimi, hastalıkların erken teşhisi ve ekosistem dayanıklılığının artırılması gibi hedeflere ulaşmada YZ'nin daha etkin rol almasına katkı sağlayacaktır.

6.5.Verit Seti Sınırlamaları

AI uygulamalarında karşılaşılan en önemli engellerden biri, genellikle kapsam ve kalite açısından sınırlı olan veri kümelerine bağımlılıktır. Mevcut veri kümeleri, çoğunlukla laboratuvar gibi kontrollü ortamlarda toplanmış olup, doğal ortamlarda gözlemlenen çevresel değişkenlikleri yeterince

yansıtamaz. Işık yoğunluğu, nem seviyeleri ve diğer çevresel değişkenler, veri kalitesini önemli ölçüde etkileyerek bitki hastalıklarının güvenilir bir şekilde tanınmasını sağlayacak AI modellerinin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır (Jafar vd., 2024). Bu durum, özellikle peyzaj alanında farklı ekosistemlerin dinamik ve heterojen yapısı nedeniyle daha da karmaşık hale gelmektedir.

Ayrıca, yüksek kaliteli, kapsamlı veri setlerinin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması hem zaman alıcı hem de maliyetlidir. Çoklu omik veriler gibi çeşitli veri kaynaklarının toplanması ve entegre edilmesi, geniş kapsamlı ve güvenilir modeller geliştirmek için kritik olsa da, halen çözülmesi gereken bir zorluk olarak varlığını sürdürmektedir (Anonim, 2024). Bu tür veri setlerinin eksikliği, peyzaj mimarlığında AI destekli bitki sağlığı yönetiminde yüksek doğruluğa sahip modellerin geliştirilmesini sınırlamakta ve bu teknolojilerin saha uygulamalarına entegrasyonunu zorlaştırmaktadır.

6.6.Açıklanabilirlik ve Güven

AI'daki kara kutu modellerinin karmaşıklığı, peyzaj ve tarım uygulamalarında önemli bir sınırlama teşkil etmektedir. Özellikle bitki teşhisi gibi uygulamalarda, yanlış kararların ciddi sonuçlara yol açabileceği göz önünde bulundurulduğunda, sistemlerin şeffaflığına olan ihtiyaç oldukça belirgindir. Bu bağlamda, Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI) kavramı, bu endişeleri gidermek ve AI çözümlerini kullanıcılar için daha anlaşılır ve güvenilir hale getirmek amacıyla geliştirilmiştir (Yang vd., 2024).

Peyzaj alanında, bitki sağlığının yönetiminde ve hastalık teşhisinde XAI'nın önemi artmaktadır. Yeterli açıklanabilirlik sağlanmadan, yetiştiricilerin ve peyzaj uzmanlarının AI teknolojilerini kabul etmesi ve benimsemesi sınırlı kalabilir. Açıklanabilir AI uygulamaları, kullanıcıların sistemlerin nasıl çalıştığını anlamalarına yardımcı olarak, güven oluşturmakta ve bu tür teknolojilerin yaygınlaşmasını desteklemektedir. Ayrıca, XAI'nın sunduğu şeffaflık, peyzaj projelerinde karar verme süreçlerini iyileştirerek, sürdürülebilir bitki yönetimi ve ekosistem sağlığının korunmasına önemli katkılar sağlayabilir.

6.7.Etik ve Yasal Hususlar

AI'nın bahçe ve peyzaj uygulamalarında kullanımı, etik ve yasal zorlukları da beraberinde getirmektedir. Veri gizliliği, mülkiyet hakları ve AI algoritmalarının adaleti gibi konular, bu teknolojilerin uygulama süreçlerinde

titizlikle ele alınması gereken sorunlardır. Bu bağlamda, AI sistemlerinin mevcut eşitsizlikleri derinleştirmemesi veya bireylerin kişisel verilerini tehlikeye atma riskini artırmaması büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2024).

Özellikle, peyzaj alanında kullanılan AI ve otomasyon teknolojilerinin çiçek yetiştiriciliği gibi belirli sektörlerde insan emeğine olan talebi azaltması, işgücü piyasaları üzerindeki olası etkilerle ilgili önemli sorular gündeme getirmektedir. Bu durum, tarım ve peyzaj sektöründe çalışanların yerini alabilecek teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, istihdam ve sosyal adalet konularını da gündeme getirmektedir.

Dolayısıyla, AI uygulamalarının tasarımında ve uygulanmasında etik ilkelerin gözetilmesi, bu teknolojilerin peyzaj alanında sağladığı avantajların yanı sıra, toplumsal etkilerinin de göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Böylece, sürdürülebilir ve adil bir peyzaj yönetimi sağlanabilir, toplulukların ve bireylerin hakları güvence altına alınabilir.

6.8.Farklı Veri Türlerinin Entegrasyonu

Farklı "omik" katmanlarında çeşitli veri türlerinin entegrasyonu, peyzaj ve tarım alanında önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Biyolojik sistemlerin karmaşıklığı, genellikle doğrusal olmayan ilişkilere yol açmakta ve bu durum, verilerin yorumlanmasını zorlaştırarak anlamlı içgörüler elde edilmesini engellemektedir (Anonim, 2024). Özellikle, bitki sağlığı, hastalık tanısı ve peyzaj yönetimi gibi konularda, bu karmaşık ilişkilerin anlaşılması hem akademik hem de uygulamalı bağlamda kritik öneme sahiptir.

Gelişmiş AI ve ML yöntemleri, bu zorlukların üstesinden gelinmesine yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Ancak, bu teknolojilerin hızla gelişen doğası nedeniyle, uygun algoritmaların seçimi ve bu algoritmaların doğru bir şekilde uygulanması, peyzaj uygulamalarında önemli bir engel olarak kalmaktadır. Bu bağlamda, verilerin entegrasyonu ve analizi sürecinde karşılaşılan güçlükler, peyzaj mühendisliği ve tarımsal uygulamalarda daha etkili karar verme mekanizmalarının geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Dolayısıyla, omik verilerin entegrasyonu ile ilgili bu zorlukların aşılması, sadece teknik becerilere değil, aynı zamanda disiplinler arası bir yaklaşım gerektirmektedir. Biyoinformatik, veri bilimi ve peyzaj mühendisliği alanlarındaki uzmanların bir araya gelmesi, bu tür verilerin analizinde daha etkili yöntemlerin geliştirilmesine olanak tanıyabilir. Böylece, bitki sağlığı

yönetiminde ve peyzaj planlamasında daha sağlam, veri odaklı karar alma süreçleri oluşturulabilir.

7. GELECEK YÖNLERİ

Bu zorlukların üstesinden gelinmesi, çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Peyzaj ve tarım alanlarında bitki hastalıklarının teşhisi için tanıma görevlerinin hedeflerini iyileştirmek, modellerin uygulanabilirliğini genişletmek ve veri kümelerinin entegrasyonunu geliştirmek, sınırlı veri kaynaklarına olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltabilir (Sagar vd., 2023). Bu bağlamda, çok disiplinli araştırma yöntemlerinin benimsenmesi hem bitki sağlığı yönetiminde hem de peyzaj tasarımında daha kapsamlı ve etkili stratejilerin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Ayrıca, bahçecilik araştırmalarına daha geniş erişim sağlamak amacıyla kullanıcı dostu AI araçları ve platformlarının geliştirilmesi, bu alanı ilerletmekte ve süs bitkileri tanısında AI'nın genel etkinliğini artırmakta hayati bir öneme sahiptir (Anonim, 2024). Kullanıcı dostu çözümler hem profesyonel yetiştiriciler hem de hobi bahçıvanları tarafından benimsenerek, bitki sağlığına dair daha fazla veri toplanmasını ve analiz edilmesini teşvik edebilir. Bu durum, peyzaj uygulamalarında daha iyi karar verme süreçlerini destekleyecek ve sürdürülebilir bitki yönetimi uygulamalarının yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, peyzaj mimarlığı alanlarındaki AI uygulamalarının etkinliğini artırmak için kapsamlı ve erişilebilir çözümlerin geliştirilmesi, bu alandaki yenilikçi yaklaşımların ve sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesine olanak tanıyacaktır.

8. GELECEK EĞİLİMLER

8.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Yapay Zeka (AI) Teknolojilerinin Entegrasyonu

Süs bitkisi teşhisinin geleceği, IoT ve AI teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde önemli ölçüde dönüştürülmeye hazır bir aşamaya ulaşmaktadır. Sensörlerle donatılmış IoT cihazları, toprak nemi, sıcaklık, ışık seviyeleri ve diğer kritik çevresel faktörleri gerçek zamanlı olarak izleme kapasitesine sahiptir. Bu tür verilerin sürekli izlenmesi, süs bitkileri için optimum büyüme koşullarının sağlanmasında büyük avantajlar sunmaktadır (Cembrowska-Lech vd., 2023).

Toplanan bu veriler, AI ve ML algoritmaları aracılığıyla analiz edilerek, bitki sağlığı sorunlarını tahmin etmek, sulama işlemlerini optimize etmek ve genel kaynak verimliliğini artırmak için kullanılabilir (Cembrowska-Lech vd., 2023; Newton, 2024). Örneğin, bitki stres seviyelerinin belirlenmesi, hastalıkların erken aşamalarda tespit edilmesi ve uygun sulama zamanlarının ayarlanması, peyzaj uygulamalarında verimliliği artıracak önemli adımlar olarak değerlendirilmektedir.

Bu tür bir entegrasyon, yalnızca süs bitkilerinin sağlığını ve büyümesini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda peyzaj yönetiminde sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaşmasına da katkıda bulunabilir. Dolayısıyla, IoT ve AI'nın sağladığı verimlilik ve doğruluk, peyzaj mimarlığı ve bitki yönetimi alanlarında yenilikçi çözümler sunarak, kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını ve ekosistem sağlığının korunmasını mümkün kılmaktadır. Bu gelişmeler, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele işaret etmektedir.

8.2. Akıllı Sulama Sistemlerindeki Gelişmeler

IoT teknolojisinden yararlanan akıllı sulama sistemleri, peyzaj yönetiminde önemli bir ivme kazanmaktadır. Özellikle, IoT tabanlı sensör ağlarının süs bitkileri için sulama otomasyonundaki etkinliği, geleneksel sulama yöntemlerine kıyasla önemli miktarda su tasarrufu sağladığını göstermektedir (Cembrowska-Lech vd., 2023). Bu sistemler, bitkilerin su ihtiyaçlarını sürekli olarak izleyerek, yalnızca gerekli durumlarda sulama yaparak hem su tasarrufu sağlamak hem de bitki sağlığını desteklemektedir.

Gelecekteki gelişmelerin, bu akıllı sulama sistemlerinin performansını artırması ve gerçek zamanlı verilere dayanarak su tedarikini otomatik olarak ayarlaması beklenmektedir. Bu tür bir otomasyon, değişen iklim koşullarında süs bitkilerinin sağlığını sürdürebilmek için kritik bir öneme sahip olacaktır. Özellikle, iklim değişikliği ile birlikte yaşanan aşırı hava koşulları ve su kaynaklarındaki değişkenlik, peyzaj uygulamalarının yönetiminde daha esnek ve uyumlu sistemlerin gerekliliğini artırmaktadır (Cembrowska-Lech vd., 2023).

Akıllı sulama sistemleri, bu bağlamda, hem ekolojik sürdürülebilirliği destekleyerek su kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanırken hem de bitki sağlığı ve büyümesi üzerinde olumlu etkiler

yaratmaktadır. Sonuç olarak, IoT tabanlı sulama sistemlerinin entegrasyonu, peyzaj mühendisliğinde inovatif çözümler sunarak, gelecekte daha akıllı, daha verimli ve daha sürdürülebilir peyzaj mimarlığı uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- Anonim. (2024). Revolutionizing Plant Care: AI-Powered Diagnosis and Expert Recommendations for Efficient Agriculture. *Farmonaut*. 6 Kasım 2024 tarihinde <https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-plant-care-ai-powered-diagnosis-and-expert-recommendations-for-efficient-agriculture/> adresinden erişildi.
- Cembrowska-Lech, D., Krzemińska, A., Miller, T., Nowakowska, A., Adamski, C., Radaczyńska, M., ...& Mikiciuk, M. (2023). An Integrated Multi-Omics and Artificial Intelligence Framework for Advance Plant Phenotyping in Horticulture. *Biology*, 12(10), 1298. <https://doi.org/10.3390/biology12101298>
- Işık, A. H., Yücedağ, C., Eskicioğlu, Ö. C., & Gailing, O. (2021). Identifying of *Quercus vulcanica* and *Q. frainetto* growing in different environments through deep learning analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(768). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09565-2>
- Jafar, A., Bibi, N., Naqvi, R. A., Sadeghi-Niaraki, A. & Jeong, D. (2024). Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: Plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1356260. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260>
- Liu, J. & Wang, X. (2021). Plant diseases and pests detection based on deep learning: A review. *Plant Methods*, 17(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00722-9>
- Newton, G. (2024). How Gardening is Evolving with AI Technology. *Laidback Gardener*. 6 Kasım 2024 tarihinde <https://laidbackgardener.blog/2021/11/06/how-gardening-is-evolving-with-ai-technology/> adresinden erişildi.
- Sagar, S., Javed, M. & Doermann, D. S. (2023, 17 Aralık). Leaf-Based Plant Disease Detection and Explainable AI. arXiv. <http://arxiv.org/abs/2404.16833> adresinden erişildi.
- Shoaib, M., Shah, B., EI-Sappagh, S., Ali, A., Ullah, A., Alenezi, F., ...& Ali, F. (2023). An advanced deep learning models-based plant disease

- detection: A review of recent research. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1158933. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1158933>
- Traversari, S., Cacini, S., Galieni, A., Nesi, B., Nicastro, N. & Pane, C. (2021). Precision Agriculture Digital Technologies for Sustainable Fungal Disease Management of Ornamental Plants. *Sustainability*, 13(7), 3707. <https://doi.org/10.3390/su13073707>
- Wani, M. A., Din, A., Nazki, I. T., Rehman, T. U., Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., ...& Mushtaq, M. (2023). Navigating the future: Exploring technological advancements and emerging trends in the sustainable ornamental industry. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1188643. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1188643>
- Yang, J., Liu, T., Yoon, S., Fuentes, A. & Wu, Y. (2024). Editorial: Advanced AI methods for plant disease and pest recognition. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1434320. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1434320>

BÖLÜM IV

KENTSEL YEŞİL ALANLAR VE BİTKİ MATERYALİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞMEYE KATKILARI

Doç. Dr. İsmet AKBAŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514615>

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kentleşme ve Çevre Sorunları Ana Bilim Dalı, Çankırı, Türkiye iakbas@karatekin.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9809-1964

1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı kentleşme süreci, dünya genelinde toplumların ekonomik, sosyal ve çevresel yapısını derinden etkilemektedir. Birleşmiş Milletler (2022) verilerine göre, dünya nüfusunun %56'sı kentsel alanlarda yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e ulaşacağı öngörülmektedir. Bu dönüşüm, kentlerin altyapısının ve ekonomik potansiyelinin gelişimini desteklerken, aynı zamanda doğal alanların hızla azaltılmasına, hava ve su kirliliğinin artmasına, biyolojik çeşitliliğin tehdit altında kalmasına ve iklim değişikliğinin kentsel alanlarda daha yoğun hissedilmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda, kentsel alanların sürdürülebilirliği giderek daha kritik bir konu haline gelmektedir ve kentleşme sürecinde ekolojik dengenin korunması büyük önem taşımaktadır.

Kentsel yeşil alanlar, kentlerin ekolojik sürdürülebilirliğini sağlama, çevre kirliliğini azaltma ve kentsel yaşam kalitesini iyileştirme konusunda önemli işlevler üstlenmektedir. Yeşil alanlar, parklar, bahçeler, yeşil çatılar, dikey bahçeler ve sokak ağaçlandırmaları gibi çeşitli uygulamalar aracılığıyla kent sakinlerine yalnızca estetik bir değer sunmakla kalmaz; aynı zamanda iklim değişikliği ile mücadelede karbon emisyonlarının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, kentsel ısı adası etkisinin hafifletilmesi gibi ekosistem hizmetleri sağlar. Özellikle ağaçların gölge yaratması ve terleme yoluyla buharlaşma sağlaması, yaz aylarında kentsel sıcaklıkları düşürerek kent yaşamını daha konforlu hale getirmektedir. Bu tür ekosistem hizmetleri, kentlerin iklim değişikliği gibi küresel çevresel sorunlara karşı daha dirençli hale gelmesine katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda, kentsel yeşil alanlar bireylerin sosyal ve psikolojik refahına olumlu katkılar sunmaktadır. Araştırmalar, doğayla temasın bireylerde stres seviyelerini düşürdüğünü, ruh halini iyileştirdiğini ve fiziksel aktiviteye teşvik ettiğini göstermektedir. Bu açıdan, yeşil alanlar yalnızca çevresel değil, sosyal sürdürülebilirlik açısından da kritik bir rol üstlenmektedir. Yeşil alanlar, bireylerin sosyal etkileşimlerini artırarak kent toplulukları arasında dayanışmayı ve toplumsal aidiyeti teşvik eden bir platform sunmaktadır. Ayrıca, çocukların ve yaşlıların doğa ile temas ederek fiziksel ve ruhsal sağlıklarını korunabilmeleri, bu alanların kent yaşamının ayrılmaz bir parçası haline gelmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, kentleşmenin getirdiği çevresel ve sosyal zorluklarla başa çıkmak için kentsel yeşil alanların sürdürülebilir kentleşme sürecindeki

katkıları ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. İlk bölümde, yeşil alanların ekolojik işlevleri ve kent ekosistemine sağladığı faydalar kapsamlı bir şekilde incelenecektir. İkinci bölümde, yeşil alanların toplumsal bağları güçlendiren, fiziksel ve ruhsal sağlığı destekleyen sosyal etkileri analiz edilecektir. Üçüncü bölümde ise, uluslararası başarılı uygulamalardan örnekler sunularak, yeşil altyapının sürdürülebilir kentleşmeye entegre edilmesinde izlenebilecek stratejiler üzerinde durulacaktır. Bu doğrultuda, çalışma, kentlerin sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması için yeşil alanların korunması, yönetimi ve artırılması gerektiğini vurgulamakta, kentsel yeşil alanların yalnızca bir çevresel unsur değil, aynı zamanda sosyal sürdürülebilirliğe de temel bir bileşeni olduğunu ortaya koymaktadır.

2. KENTLEŞME VE YEŞİL ALAN İHTİYACI

Kentleşme, dünya genelinde hızla artan bir olgu olup, 21. yüzyılda toplumların ekonomik, sosyal ve fiziksel dönüşümünü şekillendiren başlıca dinamiklerden biridir. Birleşmiş Milletler (2022) verilerine göre, dünya nüfusunun %56'sı kentsel alanlarda yaşamaktadır ve bu oranın 2050'ye kadar %68'e çıkması beklenmektedir (UN, 2018). Kentleşme süreci, ekonomik büyümeyi, altyapı gelişimini ve yaşam standartlarını iyileştirirken, aynı zamanda doğal alanların azalması, hava ve su kirliliği, iklim değişikliği gibi önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, kentsel alanlarda yeşil alanların önemi giderek daha kritik bir hale gelmiştir. Kentsel yeşil alanlar, parklar, bahçeler, ağaçlandırılmış sokaklar, yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi doğal veya yarı doğal alanlardan oluşur. Bu alanlar, kent sakinleri için sadece estetik bir değer taşımakla kalmaz, aynı zamanda çevresel, sosyal ve ekonomik birçok fayda sunmaktadır (Semeraro vd., 2021). Yeşil alanlar, kentsel ısı adası etkisini azaltarak şehirlerdeki aşırı ısınmayı kontrol eder, hava kalitesini iyileştirir, karbon emisyonlarını azaltır ve biyolojik çeşitliliği destekler. Aynı zamanda, su yönetiminde rol oynar, toprak erozyonunu önler ve yağmur suyunun doğal yollarla filtrasyonunu sağlar. Bu ekolojik işlevler, kentlerin daha sürdürülebilir bir şekilde gelişmesine yardımcı olmaktadır.

Yeşil alanların kentleşme üzerindeki olumlu etkileri yalnızca çevresel düzeyde kalmaz; sosyal açıdan da önemli katkılar sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar, yeşil alanların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini ortaya

koymaktadır (Vargas-Hernández vd., 2017). Doğaya erişim, stresin azaltılması, ruh halinin iyileştirilmesi ve fiziksel aktiviteye teşvik gibi faydalar sunar. Kent sakinlerinin, özellikle çocukların ve yaşlıların, daha sağlıklı bir yaşam sürmesi için yeşil alanlara erişim kritik bir faktördür (Cameron vd., 2012: 129-137). Bu bağlamda, yeşil alanlar toplumun sosyal bütünlüğünü destekleyen, sosyal etkileşimleri teşvik eden ve topluluk aidiyetini güçlendiren alanlar olarak da değerlendirilebilir. Ancak, hızlı kentleşme ve nüfus artışı, kentsel alanlarda yeşil alanların korunması ve artırılması önünde ciddi bir engel oluşturmaktadır. Plansız şehirleşme, yeşil alanların giderek azaltılmasına ve mevcut alanların bakımsız hale gelmesine yol açmaktadır. Bu durum, kentlerin iklim değişikliği karşı kırılganlığını artırmakta ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri derinleştirmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin merkezinde yeşil altyapının yer alması büyük önem taşımaktadır.

Yeşil alanların etkin bir şekilde planlanması ve yönetimi, yerel yönetimler, şehir planlamacıları ve politika yapımcılar için kritik bir görevdir. Bu kapsamda, kentsel tasarım süreçlerinde bitki materyalinin ve yeşil alanların artırılmasına yönelik yenilikçi çözümler geliştirilmelidir. Örneğin, yeşil çatılar, dikey bahçeler, sokak ağaçlandırmaları ve topluluk bahçeleri gibi uygulamalar, sınırlı alanları verimli bir şekilde kullanarak kentlere yeni yeşil alanlar kazandırabilir (Jim, 2013). Bu tür yaklaşımlar, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kentsel alanları daha yaşanabilir, çekici ve dirençli kılmaktadır.

Kentleşmenin getirdiği çevresel ve sosyal zorluklarla başa çıkabilmek için yeşil alanlara duyulan ihtiyaç her zamankinden daha büyüktür. Kentlerin sürdürülebilir bir geleceğe ulaşabilmesi için yeşil alanların korunması, iyileştirilmesi ve yeni alanların yaratılması hayati bir önem taşımaktadır. Bu süreç, yalnızca ekosistem sağlığını değil, aynı zamanda toplumların refahını ve yaşam kalitesini de doğrudan etkilemektedir (Byomkesh vd., 2012). Dolayısıyla, sürdürülebilir kentleşme politikaları geliştirilirken yeşil alanların öncelikli bir konu olarak ele alınması gerekmektedir. Örneğin, New York'taki High Line Park, eski bir yük tren yolu üzerinde kurulan, 2,4 kilometre uzunluğunda yükseltilmiş bir park alanıdır (Littke vd., 2016). Şehir merkezinde kurulan bu park, kentsel ısı adası etkisini azaltan önemli bir örnektir. High Line, yoğun binalar ve asfalt yolların arasında, bitki materyali

kullanılarak serin bir mikro klima yaratmaktadır. Park, gölgelik alanlar sunarak ve bitki örtüsünün terleme (transpirasyon) etkisiyle sıcaklıkları düşürerek kentin hava sıcaklığını düzenlemektedir (Wolch, 2014). Bu proje, aynı zamanda kentsel dönüşümün yeşil altyapı ile nasıl entegre edilebileceğine dair başarılı bir örnek teşkil etmektedir. High Line, kentsel alanlarda yeşil altyapının estetik ve ekolojik işlevlerinin nasıl bir arada sunulabileceğini göstermektedir. Londra, kent genelindeki büyük parkları ve geniş sokak ağaçlandırmaları ile hava kalitesini iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Şehirdeki Hyde Park, Regent's Park ve Richmond Park gibi büyük yeşil alanlar, her yıl milyonlarca ton karbondioksit emerek hava kalitesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, Londra'nın birçok ana caddesi ve yerleşim bölgesi, geniş yapraklı ağaçlarla donatılmıştır; bu ağaçlar, havadaki kirleticileri tutarak şehrin hava kirliliğini azaltmaktadır. Londra'nın sokak ağaçları, partikül madde, ozon ve diğer zararlı gazların azaltılmasında önemli bir görev üstlenmektedir. Bu uygulamalar, kent sakinlerinin soluduğu havanın kalitesini doğrudan etkileyerek, halk sağlığına büyük fayda sağlamaktadır. Singapur'un Bishan-Ang Mo Kio Park'ı, su yönetimi ve erozyon kontrolü konusunda öncü bir uygulamadır. Park, eski bir beton kanalın doğal bir nehir yatağına dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur. Parktaki nehir, taşkınları azaltmak ve yağmur suyunu yönetmek için tasarlanmıştır. Bitki örtüsü, suyun doğal olarak emilmesini ve filtrasyonunu sağlar; bu da kentsel su döngüsünün sağlıklı bir şekilde sürdürülmesine yardımcı olmaktadır (Sini, 2020). Bu proje, beton kanalların ve drenaj sistemlerinin yeşil altyapı ile değiştirilmesinin nasıl daha sürdürülebilir bir su yönetimi sağladığını göstermektedir (Rowe ve Hee, 2019). Park, sel riskini azaltırken aynı zamanda çevresel, rekreasyonel ve estetik faydalar sunmaktadır.

Berlin'deki Tempelhofer Feld, eski bir havaalanının kentsel bir yeşil alana dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur. Bu alan, çeşitli bitki türlerine, kuşlara ve diğer yaban hayatına ev sahipliği yaparak, şehir içinde bir biyolojik çeşitlilik merkezi haline gelmiştir. Şehirdeki bu geniş alan, kentleşmenin neden olduğu habitat kaybını telafi ederek biyolojik çeşitliliği desteklemektedir. Tempelhofer Feld, sadece bir rekreasyon alanı değil, aynı zamanda bir ekolojik koridor olarak da işlev görür. Bu tür geniş yeşil alanlar, kentsel bölgelerde doğal yaşamı sürdürülebilir kılmak için kritik öneme sahiptir. Tokyo'daki Shinjuku Gyoen, şehrin ortasında bulunan geniş bir park ve

bahçedir. Bu alan, estetik olarak dikkat çekici manzaralar sunar ve kent sakinleri için huzurlu bir kaçış noktası oluşturmaktadır. Shinjuku Gyoen, doğanın güzelliği ile insanların ruh sağlığı üzerindeki olumlu etkisini birleştiren bir örnektir. Araştırmalar, bu tür doğal alanların stres seviyelerini azalttığını, yaratıcılığı artırdığını ve genel yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Özellikle yoğun ve stresli kent yaşamı içerisinde, böyle alanlar insanların zihinsel ve fiziksel sağlığını korumada kritik bir rol oynamaktadır. Paris'teki Musee du Quai Branly'nin dış cephesi, bir dikey bahçe ile kaplanmıştır. Bu uygulama, sınırlı kentsel alanlarda bile yeşil alan oluşturmanın yaratıcı bir yoludur. Dikey bahçeler, hava kalitesini iyileştirmek, gürültüyü azaltmak ve estetik fayda sağlamak için kullanılmaktadır. Bu tür yenilikçi uygulamalar, özellikle yoğun nüfuslu ve yer sıkıntısı olan şehirlerde yeşil alan ihtiyacını karşılamanın etkili bir yolunu sunar. Hem binaların enerji verimliliğini artırır hem de kentsel çevreyi estetik olarak zenginleştirir (Anguluri ve Narayanan, 2017). Bu örnekler, kentsel yeşil alanların ve bitki materyalinin kentleşmeye nasıl katkıda bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Doğru planlandığında ve uygulandığında, yeşil altyapı projeleri kentsel sürdürülebilirliğin ve yaşana bilirliliğin en önemli unsurlarından biri olabilmektedir (Cilliers vd., 2013).

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞME İÇİN ÖNERİLER

Sürdürülebilir kentleşme, çevresel, sosyal ve ekonomik dengeyi gözeten, uzun vadede doğal kaynakları koruyan ve şehir yaşamının kalitesini artıran bir kentleşme modeli olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, kentsel yeşil alanların ve bitki materyallerinin kent ekosistemine entegrasyonu, sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmada kilit bir rol oynamaktadır (Yang vd., 2024). Ancak, bu entegrasyonun sağlanabilmesi için kapsamlı politikalar ve stratejik yaklaşımlar geliştirilmelidir. Sürdürülebilir kentleşmenin en önemli unsurlarından biri, kentsel yeşil alanların korunması ve bu alanların etkin bir şekilde yönetilmesidir. Yeşil alanların kent yaşamına entegre edilmesi, yalnızca estetik bir katkı sağlamanın ötesinde, ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sunmaktadır (Cynk, 2023). Bu kapsamda, kent planlamasında yeşil alanların miktarını artıracak politikalar geliştirilmelidir. Bu politikalara, yeşil koridorlar, topluluk bahçeleri, ekolojik parklar ve sürdürülebilir su yönetimiyle bağlantılı peyzaj tasarımları dahil edilebilir.

Örneğin, şehirlerin farklı bölgelerini birbirine bağlayan yeşil koridorlar, yalnızca biyolojik çeşitliliği korumakla kalmaz, aynı zamanda insanlar için rekreasyon alanları sağlar ve sosyal etkileşimi teşvik eder.

Kentsel yeşillendirme çalışmalarında yerel bitki türlerinin kullanımı, ekosistem uyumu ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Yerel bitkiler, bölgenin iklim koşullarına ve toprak yapısına uyum sağladıkları için daha az bakım gerektirir ve su, gübre gibi kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar (Tate vd., 2024). Bu, hem çevresel sürdürülebilirliği artırır hem de kentlerin ekolojik ayak izini azaltır. Ayrıca, yerel bitki türlerinin kullanımı, şehirlerde doğal yaşamı destekler ve yerel ekosistemlerin bütünlüğünü korur. Bu doğrultuda, sürdürülebilir kentleşme politikalarında yerel bitki örtüsünün korunmasına yönelik teşvik mekanizmaları ve yasal düzenlemeler getirilmelidir.

Kentsel alanlardaki sınırlı fiziksel mekân ve yoğun yapılaşma, sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmayı zorlaştıran unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle, binaların dikey yüzeylerinin ve çatı alanlarının yeşillendirilmesi, yeşil alanların artırılması ve kentsel alanlardaki ekolojik dengeye katkı sağlanması açısından önemli bir stratejidir (İbrahim, 2018). Dikey bahçeler ve yeşil çatı sistemleri, hem hava kalitesini iyileştirir hem de binaların ısı yalıtımına katkıda bulunarak enerji verimliliğini artırmaktadır (Pérez vd., 2015). Örneğin, Almanya ve Japonya gibi ülkelerde, yeşil çatıların kullanımını teşvik eden kent politikaları mevcuttur ve bu uygulamalar, şehirlerin karbon salımını azaltmada önemli rol oynamaktadır. Türkiye’de de benzer düzenlemeler teşvik edilmeli ve yerel yönetimler tarafından desteklenmelidir.

Sürdürülebilir kentleşme, sadece fiziksel altyapı ve peyzaj düzenlemeleri ile sınırlı kalmamalı; aynı zamanda teknolojinin etkin kullanımıyla da desteklenmelidir. Akıllı şehir teknolojileri, kentlerin yeşil alanlarını ve bitki materyallerini izlemek, sulama sistemlerini optimize etmek ve enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilir. Bu bağlamda, sensörler, veri analiz araçları ve akıllı sulama sistemleri, yeşil alanların yönetimini daha verimli hâle getirebilir. Örneğin, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak için toprak nem sensörleri ve hava durumu verilerini kullanan akıllı sulama sistemleri, gereksiz su tüketimini önleyerek çevresel sürdürülebilirliğe

katkıda bulunur (Addas, 2023). Türkiye’de bu tür teknolojilerin kullanımı teşvik edilerek yeşil alanların sürdürülebilirliği artırılmalıdır.

Sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmak için toplumsal katılımın sağlanması büyük önem taşır. Toplumun yeşil alanların korunması ve sürdürülebilir peyzaj yönetimi süreçlerine dahil edilmesi, yerel yönetimlerin politika geliştirme süreçlerine katkı sağlar ve kent sakinlerinin çevreye olan farkındalığını arttırmaktadır (Safikhani vd., 2014). Bu doğrultuda, yerel yönetimler, halkı bilgilendirici kampanyalar düzenlemeli, topluluk bahçeleri ve çevre gönüllülüğü programları aracılığıyla bireylerin aktif katılımını teşvik etmelidir. Özellikle gençlerin ve çocukların bu süreçlere dahil edilmesi, gelecekte daha sürdürülebilir şehirler yaratma konusunda önemli bir adım olacaktır.

Sürdürülebilir kentleşme, sadece fiziksel altyapıların iyileştirilmesiyle değil, aynı zamanda bireylerin çevresel farkındalığının artırılmasıyla da mümkün olabilir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kentleşmeye yönelik eğitim programları ve çevre bilinci artırıcı faaliyetler yaygınlaştırılmalıdır. Özellikle okullarda ve üniversitelerde sürdürülebilirlik temalı müfredat programları geliştirilmeli ve bu konularda atölye çalışmaları düzenlenmelidir. Ayrıca, yerel yönetimler tarafından organize edilen atık yönetimi, su tasarrufu ve enerji verimliliği gibi konularda bilgilendirici seminerler, şehir sakinlerinin günlük yaşamlarında sürdürülebilir davranışları benimsemelerine katkı sağlayacaktır. Sürdürülebilir kentleşme için kentsel yeşil alanların ve bitki materyallerinin planlanması, yönetimi ve toplumun bu süreçlere katılımı büyük önem taşımaktadır. Yerel bitki türlerinin kullanımı, dikey bahçecilik ve yeşil çatı sistemleri gibi yenilikçi uygulamalar, sürdürülebilir bir kentleşme modeli oluşturma yolunda önemli adımlar olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, akıllı şehir teknolojilerinin yeşil alan yönetiminde kullanılması ve çevresel farkındalık çalışmalarının yaygınlaştırılması, kentlerin sürdürülebilirliğini artırmada etkili araçlar olacaktır. Bu doğrultuda, yerel yönetimlerin ve karar alıcıların, sürdürülebilir kentleşme politikalarını kapsamlı ve çok boyutlu bir yaklaşımla ele almaları gerekmektedir.

4. BİTKİ MATERYALİNİN KENTSEL EKOSİSTEMLERDEKİ EKOLOJİK İŞLEVLERİ

Kentsel ekosistemler, yoğun insan faaliyetleri nedeniyle çevresel bozulmaların sıkça gözlendiği alanlardır. Bu alanlarda bitki materyali, yalnızca estetik ve peyzaj düzenlemeleri için değil, aynı zamanda önemli ekolojik işlevleri yerine getiren kritik bir unsurdur. Kentsel yeşil alanlar, parklar, bahçeler, yeşil çatılar, yol kenarındaki ağaçlar ve diğer bitki örtüleri, kentsel çevreyi daha yaşanabilir ve sürdürülebilir hale getirmek için çeşitli ekosistem hizmetleri sağlamaktadır (Rebele, 1994).

Kentsel alanlarda hava kirliliği, insan sağlığı ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Bitki materyali, hava kirliliğinin azaltılmasında kilit bir rol oynar. Fotosentez sürecinde bitkiler, atmosferdeki karbondioksiti (CO₂) emer ve oksijen (O₂) üretir. Ayrıca, bitki yüzeyleri toz, ağır metaller ve zararlı gazları (örneğin, nitrojen oksitler, sülfür dioksit) tutarak hava kalitesini iyileştirmektedir (Oberndorfer vd., 2007). Yaprak yüzeylerindeki mikroskobik yapılar, hava kirleticilerini absorbe eder ve bu kirleticilerin çevreye yayılmasını engellemektedir. Bu özellik, özellikle yüksek trafik yoğunluğuna sahip şehir merkezlerinde hava kirliliği ile mücadelede oldukça etkilidir. Kentsel ısı adası etkisi, şehirlerin çevresindeki kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklara sahip olmasına yol açmaktadır (Gaston vd., 2010). Binalar, yollar ve diğer sert yüzeyler, güneş ışığını emerek sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Bitki materyali, bu etkiyi azaltmak için doğal bir çözümdür. Ağaçlar ve bitkiler, gölge sağlayarak ve terleme (transpirasyon) yoluyla buharlaşma süreçlerini destekleyerek havayı soğutmaktadır. Özellikle ağaçların gölge etkisi, yüzey sıcaklıklarını önemli ölçüde düşürebilir ve bu da enerji tüketiminde tasarruf sağlamaktadır. Kentsel yeşil alanların artırılması, sıcak yaz günlerinde serinletici bir etki yaratarak kent sakinlerinin konforunu arttırmaktadır.

Kentsel alanlarda aşırı yağışlar sıklıkla sel ve su baskınlarına yol açmaktadır. Bitki materyali, suyun toprağa emilimini sağlayarak yüzey akışını azaltır ve sel riskini hafifletmektedir. Bitki kökleri, toprağı stabilize eder ve erozyonu önler, böylece toprak kaybı ve yüzey akışı azaltmaktadır. Yeşil çatı ve biyoretansiyon sistemleri gibi uygulamalar, yağmur suyunu tutarak kentsel drenaj sistemlerine olan baskıyı azaltmaktadır (Alberti, 2010). Bu süreç, aynı

zamanda suyun doğal döngüsünü destekler ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesine katkıda bulunmaktadır.

Kentsel yeşil alanlar, çeşitli bitki ve hayvan türleri için önemli yaşam alanları sağlar. Bu alanlar, polen taşıyıcı böcekler, kuşlar ve küçük memeliler için habitat ve besin kaynağı sunmaktadır. Bitki materyali, ekosistem içindeki tür çeşitliliğini destekleyerek biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmaktadır (Manning, 2008). Bu durum, kentsel ekosistemlerin direncini artırarak ekolojik dengeyi korumada kritik bir rol oynamaktadır. Bitkiler, atmosferdeki karbondioksiti emerek ve karbonu biyokütlelerinde depolayarak iklim değişikliğiyle mücadelede katkı sağlamaktadır. Ağaçlar, uzun ömürlü oldukları için karbonun uzun vadeli tutulmasına yardımcı olurken, kentsel yeşil alanlar genel karbon ayak izini azaltmaktadır. Bu işlev, özellikle sanayi ve ulaşım kaynaklı karbon emisyonlarının yüksek olduğu kentsel alanlarda büyük önem taşımaktadır.

Bitki kökleri, toprağın yapısını iyileştirir ve organik madde ekleyerek toprak kalitesini artırmaktadır. Bu durum, toprağın su tutma kapasitesini geliştirir ve besin döngüsünü desteklemektedir. Bitki döküntüleri (yapraklar, dallar), toprağa besin sağlayarak mikroorganizmaların faaliyetlerini teşvik eder ve toprak sağlığını güçlendirmektedir (Pavao-Zuckerman, 2008). Kentsel alanlarda ses kirliliği, insan sağlığı üzerinde stres ve uyku bozuklukları gibi olumsuz etkilere sahiptir. Bitki materyali, özellikle ağaçlar, ses dalgalarını emerek ve dağıtarak gürültü seviyesini azaltmaktadır. Bu özellik, yoğun trafik ve endüstriyel bölgelerde ses kirliliğinin kontrolüne yardımcı olmaktadır.

Kentsel ekosistemlerde bitki materyali, hem çevresel hem de toplumsal açıdan çok önemli işlevler üstlenmektedir. Bu işlevler, kentsel alanlarda ekosistem hizmetlerinin sağlanması, sürdürülebilir şehircilik uygulamalarının desteklenmesi ve halk sağlığının korunması için hayati bir rol oynamaktadır. Kentsel ekosistemlerde bitki materyali, ekolojik, sosyal ve ekonomik faydalar sunarak hem çevresel sürdürülebilirliği hem de toplumsal refahı destekleyen çok önemli işlevler üstlenmektedir. Çevresel açıdan bitkiler, kentsel alanlarda hava kirliliğinin azaltılması, su yönetimi, erozyon kontrolü, ısı adası etkisinin hafifletilmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi kritik ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Manning, 2008). Bitkiler, fotosentez yoluyla atmosferdeki karbondioksiti emerek karbon tutulumunu artırır ve oksijen üretir, böylece iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır.

(Churkina, 2012). Ayrıca, bitki kök sistemleri toprağı stabilize ederek su akışını düzenler ve sel riskini azaltır, aynı zamanda kentsel su döngüsünü desteklemektedir.

Toplumsal açıdan, bitki materyali kentsel yaşam kalitesini artıran sosyal ve psikolojik faydalar sağlamaktadır. Yeşil alanlar, insanların stres seviyelerini düşürerek ruh sağlığını iyileştirir, fiziksel aktiviteyi teşvik eder ve sosyal etkileşim fırsatları sunmaktadır. Parklar ve bahçeler, toplulukları bir araya getirerek sosyal bağları güçlendirir ve kent sakinlerinin doğa ile temasını artırarak genel yaşam memnuniyetini yükseltmektedir. Ayrıca, bitkilerin gürültü kirliliğini azaltıcı etkisi, yoğun kent yaşamında sakin ve huzurlu alanlar yaratarak sakinlerin sağlığını korumaktadır.

Bu işlevlerin tümü, kentsel ekosistemlerin direncini artırırken, aynı zamanda sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin uygulanabilirliğine katkıda bulunur. Dolayısıyla, kentsel alanlarda bitki materyalinin etkin kullanımı ve korunması, hem ekolojik dengeyi sağlamak hem de toplumsal faydaları maksimize etmek açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, kentsel yeşil alanların artırılması ve bitki materyalinin etkin kullanımı, sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin temel unsurları arasında yer almalıdır.

5. BİTKİ ÖRTÜSÜNÜN KENT SAKİNLERİ ÜZERİNDEKİ RUH SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Kentsel alanlarda bitki örtüsü, sadece estetik bir unsur olmanın ötesinde, kent sakinlerinin ruh sağlığı üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Şehirleşmenin yoğunlaştığı günümüzde, yeşil alanların azalması, bireylerin stres düzeylerini artırmakta ve genel yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu bölüm, kentsel bitki örtüsünün kent sakinleri üzerindeki psikolojik etkilerini inceleyerek, doğa ile etkileşimin ruh sağlığı üzerindeki olumlu sonuçlarını tartışmaktadır.

Kentsel yeşil alanlar, bireylerin stres seviyelerini düşürmede kritik bir rol oynamaktadır. Bitki örtüsüne sahip alanlarda zaman geçirmek, kortizol seviyelerini azaltmakta ve stresle başa çıkma mekanizmalarını güçlendirmektedir. Araştırmalar, doğada geçirilen zamanın tansiyonu düşürdüğünü, kalp atış hızını dengelediğini ve sinir sistemini sakinleştirdiğini göstermektedir (Wedyan ve Saeidi-Rizi, 2024). Bu etkiler, bitki örtüsünün

sadece fiziksel sağlık değil, aynı zamanda duygusal denge üzerinde de önemli bir katkısı olduğunu ortaya koymaktadır (Dzhambov, 2018).

Bitki örtüsüne sahip alanlar, depresyon ve anksiyete semptomlarını hafifletici etki yapmaktadır. Kentsel ortamlarda yaşayan bireylerin doğa ile temas ettiklerinde, daha az anksiyete ve depresyon belirtileri gösterdiği belirlenmiştir (Hall ve Knuth, 2019). Yeşil alanlarda yürüyüş yapmak, doğal ışık, renkler ve kokularla etkileşim kurmak, zihin üzerinde rahatlatıcı bir etki yaparak, ruh halini iyileştirmektedir. Bu etki, özellikle yoğun iş temposu ve sosyal izolasyonun yüksek olduğu şehirlerde yaşayanlar için oldukça önemlidir.

Doğal ortamlar, bireylerin bilişsel performansını ve dikkat toplama yeteneklerini artırmaktadır. Doğada geçirilen kısa süreler bile, mental yorgunluğu azaltarak bilişsel işlevleri iyileştirebilmektedir (Wedyan ve Saeidi-Rizi, 2024; Dzhambov, 2018). Kentsel alanlardaki parklar ve bahçeler, dikkat restorasyonu sağlayarak, bireylerin günlük yaşamın talepleriyle daha etkili bir şekilde başa çıkmalarına yardımcı olmaktadır. Özellikle çocuklar ve gençler için bu tür doğal ortamlarda bulunmak, dikkat eksikliği ve hiperaktivite gibi sorunların yönetiminde destekleyici rol oynayabilmektedir.

Yeşil alanlar, yalnızca bireysel sağlığı desteklemekle kalmaz, aynı zamanda sosyal etkileşimi teşvik eder ve topluluk bağlarını güçlendirmektedir. Kentsel parklar ve bahçeler, sosyal buluşma noktaları olarak hizmet verir, komşuluk ilişkilerini ve sosyal uyumu artırmaktadır (Kuo ve Sullivan, 2001). Bu sosyal etkileşimler, yalnızlık hissini azaltarak bireylerin kendilerini daha iyi hissetmelerine ve sosyal bağların güçlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Bitki örtüsünün kent sakinleri üzerindeki ruh sağlığına olan olumlu etkileri, sürdürülebilir kentleşme politikaları için kritik bir öneme sahiptir. Yeşil alanların artırılması ve erişilebilirliğinin sağlanması, şehirlerin daha yaşanabilir hale gelmesine yardımcı olurken, kent sakinlerinin de ruhsal iyilik hallerini desteklemektedir. Bu bulgular, kent planlamacılarının ve politika yapıcıların, bitki örtüsünün psikolojik faydalarını göz önünde bulundurarak kentsel yeşil alanları koruma ve genişletme konusunda teşvik edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

6. KENTSEL YEŞİL ALANLARIN SOSYALLEŞME VE TOPLULUK OLUŞTURMADAKİ ROLÜ

Kentsel yeşil alanlar, şehir sakinlerinin bir araya geldiği, sosyal etkileşimde bulunduğu ve topluluk bağlarının güçlendiği önemli kamusal mekânlardır. Şehirlerin yoğun ve hızlı yaşam temposu, bireyler arasındaki sosyal etkileşimleri sınırlayabilirken, yeşil alanlar bu dinamizmin içindeki sakinleştirici kaçış noktaları olarak öne çıkarmaktadır. Parklar, bahçeler ve diğer yeşil alanlar, hem fiziksel hem de psikolojik refahı artıran, farklı sosyoekonomik ve kültürel geçmişlere sahip bireylerin bir araya geldiği mekânlar sunmaktadır. Bu alanlar, insanların gündelik kaygılardan uzaklaşmasını sağlarken aynı zamanda sosyal etkileşimlerin teşvik edilmesi için fırsatlar yaratmaktadır. Topluluk etkinlikleri, spor faaliyetleri, açık hava konserleri gibi sosyal aktiviteler, bireylerin bir araya gelmesine olanak tanır ve topluluk oluşturma süreçlerine katkı sağlamaktadır. Bu tür ortak alanlarda gerçekleşen sosyal etkileşimler, bireyler arasındaki güven, dayanışma ve aidiyet duygularını güçlendirmektedir. Özellikle büyük şehirlerde, bireylerin sosyal izolasyon hissine kapılmasını engelleyen bu alanlar, toplumsal bütünleşmeye önemli bir zemin hazırlamaktadır. Kentsel yeşil alanlar aynı zamanda çevresel farkındalığın artmasına da katkıda bulunmaktadır. Doğayla iç içe olunan bu alanlar, bireylerin çevresel sürdürülebilirlik ve doğanın korunması konularında bilinçlenmesini sağlamaktadır. Topluluk bahçeleri gibi örnekler, kolektif çalışma ruhunu teşvik eder ve topluluklar arasındaki sosyal bağları güçlendirmektedir. Kentsel yeşil alanların topluluk oluşturmadaki bu rolü, sadece bireyler arası sosyal ilişkilerin gelişmesine değil, aynı zamanda yerel yönetimlerin de topluluk katılımını teşvik eden politikalar geliştirmesine zemin hazırlamaktadır (Lo ve Jim, 2010). Kentsel yeşil alanlar, kent yaşamında bireylerin sosyalleşme ihtiyaçlarını karşılayan, topluluk bağlarını güçlendiren ve kentsel bütünleşmeyi destekleyen temel alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanların planlanması ve korunması, şehirlerin sürdürülebilirliği ve toplumsal refahı açısından kritik bir öneme sahiptir.

Kentsel yeşil alanlar, şehirlerde yaşayan bireylerin hem fiziksel hem de sosyal ihtiyaçlarını karşılayan önemli kamusal mekânlar olarak kabul edilmektedir. Sosyalleşme, topluluk oluşturma, fiziksel aktivite ve doğayla etkileşim gibi birçok farklı işlevi barındıran bu alanlar, şehirlerin sosyal dokusunun ayrılmaz bir parçasıdır (Aram vd., 2019). Özellikle yoğun

kentleşmenin getirdiği betonlaşma ve yeşil alan eksikliği, bireyler arasındaki sosyal izolasyonu artırabilmektedir. Bu bağlamda, kentsel yeşil alanlar bu izolasyonu kırarak, şehirde yaşayan farklı grupları bir araya getirir ve topluluklar arasında bağların güçlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Yeşil alanlar, kent yaşamında bireylerin bir araya gelerek sosyal etkileşimde bulunmasına olanak tanıyan önemli mekânlardır. Parklar, bahçeler, yürüyüş yolları ve meydanlar gibi kentsel yeşil alanlar, bireylerin hem dinlenip rahatlayabileceği hem de diğer insanlarla etkileşim kurabileceği sosyal mekânlardır. Örneğin, New York'taki Central Park, sadece büyük bir park olmanın ötesinde, çeşitli etkinliklere ev sahipliği yapan bir sosyal merkez hâline gelmiştir. Her gün binlerce insan, parkta yürüyüş yapar, spor yapar veya sadece dinlenmektedir. Parkta düzenlenen konserler, açık hava sinemaları ve çeşitli etkinlikler, farklı toplulukları bir araya getirerek sosyal etkileşimlerin artmasına olanak tanımaktadır (Taylor, 1999). Benzer şekilde, Londra'daki Hyde Park da hem yerel halk hem de turistler için önemli bir sosyalleşme alanıdır. Hyde Park'taki Serpentine Gölü çevresinde insanlar bir araya gelir, yürüyüş yapar ve yaz aylarında açık hava konserleri gibi etkinliklerle topluluk oluşturma fırsatları yakalanmaktadır. Bu tür büyük şehir parkları, sadece bireyler arası sosyal bağları güçlendirmekle kalmaz, aynı zamanda kentin kültürel zenginliğine de katkı sağlar.

Kentsel yeşil alanlar, sadece bireylerin bir araya gelmesini değil, aynı zamanda daha büyük ve kalıcı toplulukların oluşmasını sağlamaktadır. Topluluk bahçeleri bu anlamda oldukça önemli bir örnektir. Örneğin, Detroit'teki Topluluk Bahçeleri, yerel halkın bir araya gelerek kolektif tarım yaptığı alanlardır. Bu bahçelerde insanlar birlikte çalışarak ortak ürünler üretir ve bu süreçte birbirleriyle etkileşim kurmaktadır (Montgomery, 2016). Bu faaliyet, sadece fiziksel bir aktivite değil, aynı zamanda insanlar arasındaki sosyal bağları güçlendiren bir deneyimdir. Topluluk bahçeleri, bireylerin çevresel sürdürülebilirlik konusunda bilinçlenmesine ve sosyal dayanışmayı artırmasına katkı sağlar. Bir diğer dikkat çekici örnek ise Tokyo'daki Yoyogi Parkı'dır. Yoyogi Parkı, Japonya'nın kalabalık metropolünde, farklı yaş gruplarından ve kültürel geçmişlerden insanların bir araya geldiği bir sosyal alan olarak öne çıkarmaktadır (Christensen, 2014). Her haftasonu parkta düzenlenen dans gösterileri, müzik performansları ve diğer sosyal etkinlikler, parkın farklı toplulukları bir araya getiren bir merkez olmasını sağlamaktadır.

Büyük şehirlerde bireyler arasındaki sosyal izolasyonu azaltmak için bu tür alanların varlığı büyük önem taşımaktadır.

Kentsel yeşil alanlar, sadece yetişkinler için değil, çocuklar ve aileler için de önemli işlevler görmektedir. Oyun alanları, çocukların fiziksel aktivitelerde bulunarak enerjilerini harcayabileceği ve diğer çocuklarla etkileşimde bulunarak sosyal becerilerini geliştirebileceği alanlar sunmaktadır. Berlin'deki Tiergarten, bu anlamda çocuklar için çeşitli oyun alanlarına sahip bir parktır. Aileler burada bir araya gelerek hem çocuklarıyla vakit geçirebilmekte hem de diğer ailelerle tanışarak sosyal bağlar kurabilmektedir (Bartels, 1982). Ayrıca, bu alanlar çocukların erken yaşta çevreyle tanışmalarını ve doğaya yönelik farkındalıklarını artırmalarını sağlamaktadır. Vancouver'daki Stanley Park, hem çocuklar hem de yetişkinler için yürüyüş yolları, doğal yaşam alanları ve oyun parkları sunarak şehirde doğayla iç içe bir yaşam alanı sağlamaktadır. Bu tür alanlar, sadece fiziksel aktiviteleri teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda doğa ve çevre bilincini artırarak bireylerin sürdürülebilir bir yaşam tarzı benimsemelerine de yardımcı olmaktadır. Kentsel yeşil alanlar, sosyalleşme ve topluluk oluşturma açısından şehir yaşamının vazgeçilmez bileşenlerinden biridir. Farklı yaş, kültür ve sosyoekonomik geçmişe sahip bireylerin bir araya gelmesini sağlayan bu alanlar, sosyal etkileşimleri artırır, topluluk bağlarını güçlendirir ve kentsel bütünleşmeye katkı sağlamaktadır. Örneklerden de görüldüğü üzere, kentsel yeşil alanlar, şehirlerin sadece fiziksel yapısını değil, aynı zamanda sosyal dokusunu da olumlu yönde etkileyen kritik mekânlardır. Bu alanların korunması ve daha da geliştirilmesi, şehirlerin sürdürülebilirliği ve toplumsal refahı açısından büyük önem taşımaktadır.

7. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLEŞME İÇİN ÖNERİLER

Sürdürülebilir kentleşme, kentlerin çevresel, ekonomik ve sosyal dengeneyi gözeterek planlanması ve yönetilmesi anlamına gelmektedir. Bu süreç, doğal kaynakların korunmasını, kentlerin iklim değişikliğine karşı dirençli hâle getirilmesini ve toplumsal refahın artırılmasını amaçlamaktadır. Kentsel yeşil alanlar ve bitki materyali, sürdürülebilir kentleşmenin kilit bileşenleri arasında yer almakta olup, bu alanların ekosistem hizmetleri üzerinden kent yaşamına katkısı büyüktür.

Sürdürülebilir kentleşmenin temel ilkelerinden biri, ekosistem temelli yaklaşımların kentsel planlamaya entegre edilmesidir. Bu yaklaşım, doğal ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin korunması ve geliştirilmesine yönelik stratejileri içerir. Örneğin, Singapur, ekosistem temelli kentleşme politikalarının başarılı bir örneğidir. Şehirde, "Bahçe İçindeki Şehir" vizyonu doğrultusunda yeşil alanlar genişletilmiş, biyolojik çeşitlilik artırılmış ve su yönetimi doğal sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Wang, 2022). Singapur'da uygulanan dikey bahçeler ve yeşil çatı sistemleri, enerji verimliliğini artırırken, kentsel ısı adası etkisini de azaltmaktadır.

Ekosistem temelli planlama ayrıca yeşil koridorların oluşturulmasını ve kentsel yeşil alanların birbirine bağlanmasını içerir. Londra'daki "Yeşil Zincir Ağı" bu tür bir uygulamaya örnektir. Bu sistem, kentin farklı bölgelerinde bulunan parkları ve yeşil alanları birbirine bağlayarak hem biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlamakta hem de kent sakinlerine doğayla iç içe bir yaşam alanı sunmaktadır. Kentsel peyzaj tasarımında kullanılan bitki materyalinin yerel ekolojik ve iklimsel koşullara uygun olarak seçilmesi, sürdürülebilir kentleşmenin başarısı için kritiktir (Wang, 2022). Yerel bitki türleri, su tüketiminin azaltılmasına, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. (Deng ve Bai, 2014). Barselona, kurak iklimine uyum sağlayan su tasarruflu peyzaj düzenlemeleri ile bu alanda örnek bir şehir olarak öne çıkmaktadır. Şehirde, az su isteyen bitki türlerinin kullanıldığı parklar ve yeşil alanlar, su tüketimini minimize ederken, kent estetiğini de güçlendirmektedir (Beatley, 2015). Ayrıca, Melbourne kentinde uygulanan "Green Your Laneway" programı, kent içindeki dar yolları yeşillendirme girişimiyle dikkat çekmektedir. Bu projede, düşük su tüketimi gerektiren yerel bitkilerle donatılan alanlar, hem iklim değişikliği etkilerine karşı dirençli bir yeşil altyapı sunmakta hem de kent içinde sosyal yaşam alanları oluşturmaktadır.

Yeşil altyapı sistemleri, sürdürülebilir kentleşme stratejilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu sistemler, doğal süreçler ve yeşil alanlar aracılığıyla su yönetimi, enerji tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi işlevler sağlamaktadır. Kopenhag, yağmur suyunu yöneten yeşil altyapı uygulamalarıyla öne çıkan şehirlerden biridir. Şehirdeki "Yağmur Su Bahçeleri" ve geçirgen yüzeyler, yoğun yağışlar sırasında suyun yüzeyde birikmesini engelleyerek taşkın risklerini azaltır ve aynı zamanda yeraltı su

kaynaklarının beslenmesine katkıda bulunmaktadır. Benzer şekilde, New York'taki "High Line Parkı", kentin yeşil altyapı uygulamalarına iyi bir örnektir. Eski bir demir yolunun üzerinde kurulan bu park, hem kentin biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunmakta hem de kentin ortasında insanlara yeşil bir kamusal alan sunmaktadır (Beatley, 2015; Wang, 2022). Bu tür projeler, yoğun yapılaşma alanlarında dahi yeşil altyapı çözümleri üretilebileceğini göstermektedir.

Sürdürülebilir kentleşme yalnızca fiziksel çevre ile sınırlı değildir; toplulukların bu sürece aktif katılımı, sosyal sürdürülebilirliği sağlamak açısından önemlidir. Kent sakinlerinin çevre bilinci geliştirilmesi ve topluluk bahçeleri, çevresel farkındalık yaratmada etkili araçlardır. Detroit'te yer alan topluluk bahçeleri, kent tarımı ve sosyal bütünleşme açısından başarılı bir örnektir. Yerel halkın birlikte çalışarak tarım yaptığı bu alanlar, sadece gıda üretimini değil, aynı zamanda toplumsal bağları da güçlendirmektedir. Topluluk bahçeleri gibi projeler, kent sakinlerini kentsel sürdürülebilirlik süreçlerine dâhil ederek, sosyal dayanışmayı teşvik etmektedir. Aynı zamanda, çevre dostu yaşam tarzlarını destekleyen bu tür girişimler, kentsel sürdürülebilirliğin yerel düzeyde benimsenmesine katkı sağlamaktadır.

Teknoloji, sürdürülebilir kentleşme süreçlerinde önemli bir araçtır. Akıllı şehir teknolojileri, doğal kaynakların yönetimini optimize etmek ve kentlerin çevresel etkilerini minimize etmek için kullanılabilir (Bibri ve Krogstie, 2017). Amsterdam, bu alanda yenilikçi uygulamaları ile örnek teşkil etmektedir. Şehirde, enerji tüketimi, su kullanımı ve hava kalitesi gibi veriler sensörler aracılığıyla sürekli izlenmekte ve analiz edilmektedir (Bakıcı, 2013). Bu veriler ışığında, kentin çevresel etkileri azaltılmakta ve doğal kaynaklar daha etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Benzer şekilde, Songdo gibi akıllı şehir projeleri, sürdürülebilir kentleşmenin nasıl teknoloji ile entegre edilebileceğini gösteren başarılı örneklerdir. Songdo'da, enerji verimliliği ve atık yönetimi, akıllı sistemler aracılığıyla optimize edilmekte ve kent sakinlerinin günlük yaşamları üzerindeki çevresel etkileri azaltılmaktadır.

İklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençli kentler oluşturmak, sürdürülebilir kentleşmenin uzun vadeli hedeflerindedir. Kentlerin sel, taşkın ve aşırı sıcaklık gibi iklim olaylarına karşı dayanıklı hâle getirilmesi, esnek planlama stratejileri ile mümkündür (Zhang ve Li, 2018). Rotterdam, su yönetimi ve iklim değişikliğine karşı dirençlilik açısından öncü şehirlerdendir.

Şehirde su taşkınlarına karşı geliştirilen yenilikçi çözümler, yağmur bahçeleri, geçici su depolama alanları ve esnek altyapı sistemleri gibi önlemleri içermektedir. Bu tür çözümler, kentsel alanları iklim değişikliğine karşı daha dayanıklı hâle getirmektedir. Sürdürülebilir kentleşme, ekosistem hizmetlerinin korunması, yerel bitki türlerinin uygun biçimde kullanılması, yeşil altyapının geliştirilmesi, topluluk katılımının teşvik edilmesi ve teknolojinin entegrasyonu gibi stratejileri içeren çok boyutlu bir süreçtir. Bu süreçte, başarılı uygulama örnekleri, kentsel alanların sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik somut adımlar sunmaktadır. Kentlerin bu önerileri dikkate alarak planlanması, daha yaşanabilir, çevre dostu ve dirençli şehirler inşa edilmesine katkı sağlayacaktır.

8. KENT PLANLAMASINDA BİTKİ MATERYALİ KULLANIMINA DAİR ÖNERİLER

Kentsel planlamada bitki materyalinin stratejik kullanımı, sürdürülebilir kentleşmenin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bitki materyalleri, sadece estetik faydalar sunmakla kalmayıp aynı zamanda ekolojik, iklimsel ve sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Ancak bu faydaların etkin bir şekilde elde edilmesi, bitki türlerinin yerel ekosistem ve iklim şartlarına uygun olarak seçilmesi ve doğru bir şekilde entegre edilmesi ile mümkündür. Kent planlamasında kullanılacak bitki türlerinin seçiminde, yerel iklim ve ekosistem koşulları dikkate alınmalıdır (Rehan, 2013). Yerel bitki türleri, kent ekosistemine daha iyi uyum sağlar ve bakım maliyetlerini düşürür. Aynı zamanda bu tür bitkiler, kentlerin su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltır ve biyolojik çeşitliliği destekler. Kurak bölgelerde, su tüketimi düşük bitkilerin tercih edilmesi, su tasarrufuna katkıda bulunarak sürdürülebilirliği artıracaktır (Montgomery, 2016). Örneğin, Barselona ve Melbourne gibi şehirlerde, düşük su tüketimi gerektiren bitki türlerinin tercih edilmesi, su yönetimini optimize eden başarılı uygulamalar arasında yer almaktadır.

Kent peyzajında, biyolojik çeşitliliğin korunması ve artırılması sürdürülebilir bir yaklaşımın parçası olmalıdır. Monokültür uygulamalarından kaçınılması, farklı bitki türlerinin bir arada kullanılması, kent ekosistemini hastalıklar ve çevresel değişikliklere karşı daha dirençli hâle getirir (Dvorak ve Volder, 2010). Ayrıca bu yaklaşım, kentsel alanlarda vahşi yaşamın korunmasına ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliğine katkıda bulunur. Kent

planlamasında bitki materyallerinin mikroiklimi düzenleyici etkilerinden yararlanmak önemlidir. Ağaçların ve yeşil alanların stratejik yerleştirilmesi, kent içi sıcaklıkların düşürülmesine ve ısı adası etkisinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu kapsamda dikey bahçeler, yeşil çatı sistemleri ve gölgelik sağlayan bitki türleri kullanılarak kentsel alanların iklimsel dirençliliği artırılabilir. Singapur'un dikey bahçe uygulamaları, bu stratejinin başarılı bir örneğidir. Kentsel alanlarda bitki materyalleri, su yönetiminde doğal çözümler sunmaktadır (Christensen, 2014). Su geçirgen yüzeyler ve biyofiltreler, yağmur suyu yönetimini iyileştirirken aynı zamanda taşkın riskini azaltır. Bu tür alanlarda kullanılan bitki türleri, suyu filtre ederek yer altı su kaynaklarının beslenmesine katkıda bulunur. Kopenhag'daki biyofiltre ve su yönetimi uygulamaları, bu alanda başarılı bir örnek teşkil etmektedir (Lo ve Jim, 2010). Bitki materyalinin kentsel su yönetimiyle entegre edilmesi, sürdürülebilir kentleşme için önemli bir adımdır.

Kentlerin sürdürülebilir bir şekilde planlanması ve yönetilmesi, yerel ve ulusal düzeyde politika yapımcıların stratejik kararlarına bağlıdır. Kentsel bitki materyalinin doğru şekilde kullanımı, kentlerin çevresel etkilerini azaltırken toplumsal refahı artıracak politikalar geliştirilmesini gerekli kılar. Politika yapımcılar, kentsel peyzajda kullanılacak bitki türlerinin seçiminde yerel iklim ve ekolojik koşulları öncelikli olmalıdır. Bu, yerel bitki türlerinin desteklenmesi ve ithal edilen, su tüketimi yüksek bitkilerin kullanımının sınırlandırılması anlamına gelir. Bu yönde çıkarılacak teşvik ve düzenlemeler, kentlerin su yönetimini iyileştirecek ve bakım maliyetlerini düşürecektir. Kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliği destekleyen politikaların uygulanması, kentlerin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, park ve bahçe düzenlemelerinde farklı bitki türlerinin kullanımı teşvik edilmelidir. Kentlerin ekosistem direncini artırmak ve kent sakinlerinin doğa ile etkileşim kurmasını sağlamak için biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi gereklidir.

Kentlerin iklim değişikliğine karşı daha dirençli hâle getirilmesi için yeşil altyapı sistemlerinin yaygınlaştırılması kritik bir strateji olarak ön plana çıkmaktadır. Politika yapımcılar, yeşil çatı sistemleri, dikey bahçeler ve geçirgen yüzeylerin kullanımını teşvik eden düzenlemeler getirmelidir. Ayrıca, iklim değişikliği kaynaklı aşırı hava olaylarına karşı dirençli yeşil alanların planlanması ve bu yönde ulusal ve yerel düzeyde stratejik hedeflerin

belirlenmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir kentleşme süreçlerinde toplum katılımı, politika yapıcılar tarafından teşvik edilmelidir. Toplum bahçeleri, yeşil alanlar ve kent tarımı gibi projeler, kent sakinlerinin çevreye olan bağlılıklarını artırırken, sosyal sürdürülebilirliği de destekler. Bu tür projelerin yerel yönetimlerce desteklenmesi ve uzun vadeli sürdürülebilirlik politikalarına entegre edilmesi, kentsel alanlardaki çevresel farkındalığı ve sosyal dayanışmayı güçlendirecektir.

Politika yapıcılar, kentlerin sürdürülebilirliğini artırmak için akıllı şehir teknolojilerini entegre eden planlama yaklaşımlarını benimsemelidir. Veri tabanlı karar alma süreçlerinin desteklenmesi, su ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanımını sağlayarak kentlerin çevresel etkilerini azaltacaktır. Bu kapsamda, sensör teknolojilerinin kentsel altyapılara entegre edilmesi, doğal kaynak yönetiminin optimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Kent planlamasında bitki materyalinin stratejik kullanımı ve bu konuda politika yapıcılara rehber niteliğinde sunulan stratejiler, sürdürülebilir kentleşme hedeflerine ulaşmada büyük önem taşımaktadır. Yerel ekosistem ve iklim koşullarına uygun bitki seçimi, biyolojik çeşitliliğin korunması, yeşil altyapının yaygınlaştırılması ve toplum katılımının teşvik edilmesi, kentlerin daha yaşanabilir ve çevresel olarak sürdürülebilir hâle getirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu stratejiler, hem kentlerin iklim değişikliğine karşı dirençliliğini artırmakta hem de toplumsal refahı güçlendirmektedir.

9. SONUÇLAR

Kentsel yeşil alanlar ve bitki materyalleri, sürdürülebilir kentleşme süreçlerinde çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, yeşil alanların şehirlerdeki hava kirliliğini azaltma, kentsel ısı adası etkisini hafifletme, biyolojik çeşitliliği destekleme ve karbon emisyonlarını azaltma gibi ekosistem hizmetleri sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, yeşil alanların kent sakinlerinin fiziksel ve ruhsal sağlığına olan katkıları, bu alanların şehir planlamasında öncelikli olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Yeşil alanlar, şehirlerin ekolojik dengesini sağlamada kritik bir öneme sahiptir. Kentsel yeşil alanlar, hava kirliliğini azaltma, karbon tutma, su yönetimini iyileştirme ve kentsel ısı adası etkisini hafifletme gibi işlevler sunmaktadır. Çalışma, özellikle fotosentez, karbon emisyonlarının azaltılması,

toprak stabilizasyonu ve sel riskini hafifletme gibi ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kentleşme süreçlerinde nasıl etkili olduğunu detaylandırmaktadır. Örneğin, New York High Line Parkı ve Londra Hyde Parkı gibi projeler, kentsel alanlarda doğal bitki örtüsünün korunmasının iklim değişikliği ile mücadelede ve çevresel sürdürülebilirlikte ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Kentsel yeşil alanların sosyal ve psikolojik faydalarıdır. Bu alanlar, bireylerin stres seviyelerini düşürmekte, sosyal etkileşimleri artırmakta ve toplumsal bütünleşmeyi teşvik etmektedir. Kentsel ısı adası etkisini azaltmanın yanı sıra yeşil alanların, bireylerin fiziksel ve zihinsel sağlığı üzerindeki olumlu etkileri de göz ardı edilmemelidir. Yeşil alanlar, kent sakinlerinin doğa ile etkileşimini artırarak sosyal bağları güçlendirmekte ve daha yaşanabilir kentler yaratmada kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Singapur Bishan-Ang Mo Kio Parkı ve Tokyo Yoyogi Parkı gibi projeler, sosyal etkileşimlerin gelişmesine nasıl katkıda bulduklarını göstermektedir. Kentsel alanlarda yerel bitki türlerinin kullanılması ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının sürdürülebilir kentleşme için hayati öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yerel bitki türlerinin kullanılması, su tasarrufu, ekosistem uyumu ve biyoçeşitliliğin desteklenmesi gibi çok sayıda avantaj sunmaktadır. Bu bağlamda, Barselona ve Melbourne gibi şehirlerde yapılan peyzaj düzenlemeleri, kurak iklim koşullarında bile yerel bitki türlerinin başarıyla entegre edilebileceğini göstermektedir.

İklim değişikliği ile mücadelede kentsel yeşil altyapıların önemi çalışma boyunca vurgulanmıştır. Yeşil çatı ve dikey bahçe sistemleri gibi yenilikçi çözümler, şehirlerin enerji tüketimini azaltmakta ve karbon ayak izini minimize etmektedir. Özellikle Kopenhag ve Singapur gibi şehirlerde uygulanan yeşil altyapı projeleri, yoğun şehirleşmeye rağmen doğal kaynakların korunmasına yönelik başarılı uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Rotterdam gibi şehirlerde de su yönetimi üzerine yapılan projeler, iklim değişikliği kaynaklı afet risklerini azaltmada yeşil altyapıların nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Sensörler, veri analiz araçları ve akıllı sulama sistemleri, kentsel yeşil alanların sürdürülebilirliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, su ve enerji tasarrufunu optimize etmekte ve doğal kaynakların verimli kullanımını sağlamaktadır. Amsterdam ve Songdo gibi şehirler, teknolojinin yeşil altyapılarla nasıl entegre edilebileceğini gösteren örneklerdir. Kentsel yeşil altyapının sürdürülebilir

kentleşme için vazgeçilmez bir unsur olduğunu göstermektedir. Gelecekteki akademik çalışmalar, bu altyapının kentlerin iklim değişikliğine karşı direncini artırma potansiyelini daha iyi anlamak için daha kapsamlı araştırmalar yapmalıdır. Yerel yönetimler ve politika yapıcılar, bu bilgiler ışığında yeşil alanların korunması ve artırılmasına yönelik stratejilerini şekillendirmelidir.

KAYNAKÇA

- Addas, A. (2023). The importance of urban green spaces in the development of smart cities. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1-11.
- Alberti, M. (2010). Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(3), 178-184.
- Anguluri, R., & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 25, 58-65.
- Aram, F., Solgi, E., & Holden, G. (2019). The role of green spaces in increasing social interactions in neighborhoods with periodic markets. *Habitat International*, 84, 24-32.
- Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2013). A smart city initiative: the case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, 4, 135-148.
- Bartels, E. H. (1982). Berlin's Tiergarten: Evolution of an urban park. *The Journal of Garden History*, 2(2), 143-174.
- Beatley, T. (2015). Planning for sustainability in European cities: A review of practice in leading cities. In *The City Reader*, 536-547.
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183-212.
- Byomkesh, T., Nakagoshi, N., & Dewan, A. M. (2012). Urbanization and green space dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh. *Landscape and Ecological Engineering*, 8, 45-58.
- Cameron, R. W., Blanuša, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B., & Thompson, K. (2012). The domestic garden—Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(2), 129-137.
- Christensen, P. (2014). Connoisseurship and drunkenness in Tokyo. *International Journal of Drug Policy*, 25(4), 804-809.
- Churkina, G. (2012). Carbon cycle of urban ecosystems. In *Carbon Sequestration in Urban Ecosystems*, 315-330.

- Cilliers, S., Cilliers, J., Lubbe, R., & Siebert, S. (2013). Ecosystem services of urban green spaces in African countries-Perspectives and challenges. *Urban Ecosystems*, 16, 681-702.
- Cynk, K. W. (2023). Implementation of the sustainable urbanization strategy in Malmö and Ostrava. *Journal of Urban Design*, 28(4), 426-448.
- Deng, X., & Bai, X. (2014). Sustainable urbanization in western China. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 56(3), 12-24.
- Dvorak, B., & Volder, A. (2010). Green roof vegetation for North American ecoregions: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 96(4), 197-213.
- Dzhambov, A. M., Markevych, I., Tilov, B. G., & Dimitrova, D. D. (2018). Residential greenspace might modify the effect of road traffic noise exposure on general mental health in students. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34, 233-239.
- Gaston, K. J., Davies, Z. G., & Edmondson, J. L. (2010). Urban environments and ecosystem functions. In *Urban Ecology*, 35-52.
- Hall, C., & Knuth, M. (2019). An update of the literature supporting the well-being benefits of plants: A review of the emotional and mental health benefits of plants. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(1), 30-38.
- Ibrahim Momtaz, R. (2018). Vertical garden as a sustainable urban perspective in Cairo. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 46(2), 246-262.
- Jim, C. Y. (2013). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. *Urban Ecosystems*, 16, 741-761.
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Aggression and violence in the inner city: Effects of environment via mental fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4), 543-571.
- Litke, H., Locke, R., & Haas, T. (2016). Taking the High Line: Elevated parks, transforming neighbourhoods, and the ever-changing relationship between the urban and nature. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 9(4), 353-371.

- Lo, A. Y., & Jim, C. Y. (2010). Differential community effects on perception and use of urban greenspaces. *Cities*, 27(6), 430-442.
- Manning, W. J. (2008). Plants in urban ecosystems: Essential role of urban forests in urban metabolism and succession toward sustainability. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(4), 362-370.
- Montgomery, A. (2016). Reappearance of the public: Placemaking, minoritization and resistance in Detroit. *International Journal of Urban and Regional Research*, 40(4), 776-799.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823-833.
- Pavao-Zuckerman, M. A. (2008). The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. *Restoration Ecology*, 16(4), 642-649.
- Pérez-Urrestarazu, L., Fernández-Cañero, R., Franco-Salas, A., & Egea, G. (2015). Vertical greening systems and sustainable cities. *Journal of Urban Technology*, 22(4), 65-85.
- Rebele, F. (1994). Urban ecology and special features of urban ecosystems. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 173-187.
- Rehan, R. M. (2013). Sustainable streetscape as an effective tool in sustainable urban design. *HBRC Journal*, 9(2), 173-186.
- Rowe, P. G., & Hee, L. (2019). Gardens, parks, and green reserves. In *A City in Blue and Green: The Singapore Story*, 82-113.
- Safikhani, T., Abdullah, A. M., Ossen, D. R., & Baharvand, M. (2014). A review of energy characteristic of vertical greenery systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 450-462.
- Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A., & Aarvevaara, E. (2021). Planning of urban green spaces: An ecological perspective on human benefits. *Land*, 10(105), 1-25.
- Sini, R. (2020). Singapore's green infrastructure and biophilic urbanism. In *Singapore's Park System Master Planning: A Nation Building Tool to Construct Narratives in Post-Colonial Countries*, 211-251.
- Tate, C., Wang, R., Akaraci, S., Burns, C., Garcia, L., Clarke, M., & Hunter, R. (2024). The contribution of urban green and blue spaces to the

- United Nation's sustainable development goals: An evidence gap map. *Cities*, 145, 1-20.
- Taylor, D. E. (1999). Central Park as a model for social control: Urban parks, social class and leisure behavior in nineteenth-century America. *Journal of Leisure Research*, 31(4), 420-477.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs. (2018). *2018 Revision of world urbanization prospects*. Retrieved from <https://desapublications.un.org>
- Vargas-Hernández, J. G., Pallagst, K., & Zdunek-Wielgońska, J. (2017). Urban green spaces as a component of an ecosystem. Functions, services, users, community involvement, initiatives, and actions. *Revista de Urbanismo*, 37, 1-26.
- Wang, H. (2022). Problems and suggestions in the process of new urbanization. *Academic Journal of Science and Technology*, 3(3), 9-11.
- Wedyan, M., & Saeidi-Rizi, F. (2024). Assessing the impact of urban environments on mental health and perception using deep learning: A review and text mining analysis. *Journal of Urban Health*, 101(2), 327-343.
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234-244.
- Yang, Z., Ji, H., Chen, S., Duan, J., & Liu, L. (2024). Sustainable urbanization and green total factor productivity: Evidence from China's new-type urbanization plan. *Technological and Economic Development of Economy*, 1-20.
- Zhang, X., & Li, H. (2018). Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? *Cities*, 72, 141-148.

BÖLÜM V

BİTKİSEL ÜRETİMDE HİDROJEL (POLİMER) KULLANIMINA BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514623>

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Çanakkale, Türkiye. mtekiner@comu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-4624-8496

1. GİRİŞ

Dünya yaşlandıkça kullanılabilir doğal kaynakların miktarı ve kalitesinde azalmalar meydana gelmekte ve artan nüfusun ihtiyaçlarını giderebilme konusundaki endişeler her geçen gün artmaktadır. Kuşkusuz bu doğal kaynaklardan en önemlisi de sudur.

Su yönetimi, su kaynaklarını koruyup geliştirerek sürdürülebilir bir yaklaşımı benimseyen, suyu tüm paydaşlara, belirlenen miktar, kalite ve süre çerçevesinde, adil ve kontrollü bir biçimde dağıtmayı hedefleyen kapsamlı bir yönetim şeklidir. Tarımsal su yönetimi (sulama yönetimi) ise bitkilerin ihtiyaç duyduğu ancak doğal yollarla sağlanamayan suyun, bitki kök bölgesine doğru zamanda ve uygun miktarda kontrollü olarak verilmesini amaçlayan bir süreçtir. Bu süreç, kaynaktan başlayarak bitki kök bölgesine ulaşıncaya dek her aşamada sulama sisteminin performansını izlemeye, değerlendirmeye ve iyileştirmeye yönelik faaliyetleri kapsar ve bu faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasını da içerir (Tekiner, 2023).

Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için dünya genelinde teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması başta olmak üzere birçok önlem hayata geçirilmekte ve bu konudaki bilimsel çalışmalar yoğunlaştırılmaktadır. Bu çalışmalardan biri de bitkisel üretimde kullanılan sudan ve gübreden tasarruf sağlayabilen hidrojel uygulamalarıdır.

Çapraz bağlı polimer ağları tarafından oluşturulan hidrojeller, modern tarımda umut vadeden bir platform olarak ortaya çıkmıştır. Ancak üretim maliyetindeki ekonomik nedenlerden dolayı başlangıçta gereken ilgiyi görememiştir. Daha sonraki dönemlerde polimerlerin etkinliği artırılarak daha düşük maliyetlerle daha etkili hidrojeller üretilerek tarım alanlarında kullanılmıştır. Hidrojeller tarımsal amaçlarla ilk kez 1980'li yıllarda kullanılmaya başlanmış ve toprağın fiziksel özelliklerini artırmada oldukça önemli bir uygulama olduğu anlaşılmıştır. Günümüzde yoğun bir şekilde üretilen ve kullanım alanları genişleyen polimerler kendi ağırlıklarının 250-1500 katı kadar suyu absorbe edebilmekte ve tıpta, endüstride, madencilikte, çevre kirliliği yönetiminde, arıtma sistemlerinde, sulama ve toprak iyileştirilmesinde vb. birçok alanda kullanılmaktadırlar (Johnson 1984; Bowman ve Evans 1991; Barvenik 1994; Bouramis vd. 1995; Ohkawa vd. 1998; Avcı, 2008; Abobatta, 2018).

Her geçen gün kullanım alanı artan hidrojeller, tarımsal üretimde özellikle kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde sulama ve dolayısıyla su yönetimi, gübre yönetimi ve toprak yönetimi/ıslahı bakımından çok önemli potansiyele sahip yardımcı bir madde durumundadır. Bir başka ifadeyle Avcı (2008)'ya göre, toprağa karıştırılan hidrojeller toprağın kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerini düzeltebilmekte ve dolayısıyla toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitkilerin üretim sürecinde karşılaşılabilecekleri olumsuzlukları bertaraf edebilmektedirler.

Bu çalışmada, küresel olarak baş gösteren ekonomik kriz, salgınlar, iklim değişkenliği ve bölgesel olarak meydana gelse de tüm dünyayı etkileyen savaşlar nedeniyle başta su olmak üzere özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini etkili hale getirmek amacıyla kullanılan polimer teknolojilerinden bahsedilmiştir. Tarımsal alanlarda kullanılan hidrojelere yoğunlaşan bu bölümde, hidrojeller, özellikleri, avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir.

2. HİDROJELLER VE BAZI ÖZELLİKLERİ

Polimer, çok sayıda küçük molekülün kovalent bağlarla birbirlerine bağlanarak oluşturduğu makromoleküldür. Monomer adı verilen küçük moleküller uygun koşullarda polimerizasyon tepkimesi sonucu birbirleriyle kimyasal bağ yaparlar ve polimer moleküllerine dönüşürler. Polimerleri diğer klasik kimyasal maddelerden ayıran en önemli özellik, moleküllerinin büyüklüğüdür. Bu nedenle polimer kelimesi bütün yüksek molekül ağırlıklı maddeleri kapsar. Polimerlerin üstün özelliklerine makromoleküler yapılarının katkısı büyüktür (Saçak, 1998). Polimerler, içerisinde karbon bulunan, uzun organik molekül zincirlerinden oluşurlar (Bhattacharya, 2000). Bunların çoğu kristal yapıda değildir ancak kristal olan ve olmayan yapıyı bir arada bulunduran türleri de vardır (Sarsılmaz ve Sarsılmaz, 2003).

Jel terimi ise sıvı ortamlarda şişebilme özelliğine sahip, çapraz bağlı bir polimerik örgüden oluşan yapılardır (Arı, 1998; Arıcan, 2016). Dolayısıyla hidrofilik jel olarak bilinen hidrojeller, suda şişebilen, çapraz-bağlı polimerik yapılar olup bir ya da daha çok sayıda monomerin polimerizasyon reaksiyonu ile oluşurlar (Sarsılmaz ve Sarsılmaz, 2003).

Özetle süper emici polimerler (SAP), emici jeller, su jelleri gibi adlarla isimlendirilen hidrojeller; çok fazla miktarda suyu absorbe edebilen, suda

çözünmeyen ve üç boyutlu hidrofilik ağ yapısıyla homopolimer ve kopolimerlerin fiziksel veya kimyasal çapraz bağlanmalarıyla oluşturulurlar. Bahsi geçen çapraz bağ için polimer zincirlerini birbirine bağlayabilen kimyasal ekleyip reaksiyona alınır veya polimerin zincir yapısındaki moleküllerin birbirleriyle etkileşimleri (dipol etkileşimler ve hidrojen bağları) sonucu zincirler arasında bağlar meydana gelir. Dolayısıyla hem suda çözünmeyen hem de suyu absorbe eden, tutan bir özellik gösterirler (Ratner ve Hoffman 1976; Peppas vd., 2000; Tekiner vd., 2016). Hidrojellerin mukavemeti yapısında barındırdığı çapraz bağların yoğunluğuna bağlı olarak değişir ve çapraz bağların yoğunluğu arttıkça hidrojel mukavemeti artar buna karşın elastikiyeti önemli ölçüde azalma gösterir (Pal vd., 2009; Ay, 2024).

Bir başka deyişle hidrojeller, polimer zincirlerinin içindeki ve bu zincirlere bağlı hidrofilik yapılar nedeniyle şişer ve bu hidrofilik yapı su molekülleriyle hidrojen bağlarının oluşmasına izin vererek suyun olağanüstü bir derecede emilmesini ve tutulmasını sağlar. Üç boyutlu hidrojel ağ emilen suyun jel içinde kalmasını sağlayarak uzun vadede sürekli salınım sağlar (Dingley vd., 2024).

Hidrojeller ilk olarak 1960'larda Wichterle ve Lim tarafından rapor edilmiş (Hejcl vd., 2008) ve suyla şişmiş, üç boyutlu, hidrofilik polimer ağlar olarak tanımlanmıştır. Hidrojeller, fizyolojik koşullar altında normale göre fazlaca su ya da biyolojik sıvıyı tutan, canlı dokulara benzer yumuşak, lastiksi bir kıvama sahip bazı uygulamalar için ideal bir madde haline gelebilirler (Ullah vd., 2015). Hidrojellerin yapısı gereği hem katı (kristal ve toz) hem de yarı katı (jel) özellikte olabilmektedirler (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Kristal ve toz haldeki hidrojellerin su ile doymuş durumları (Avcı, 2008)



Şekil 2. Hidrojelin kristal ve su ile doymuş hali (Söylemez vd., 2020)

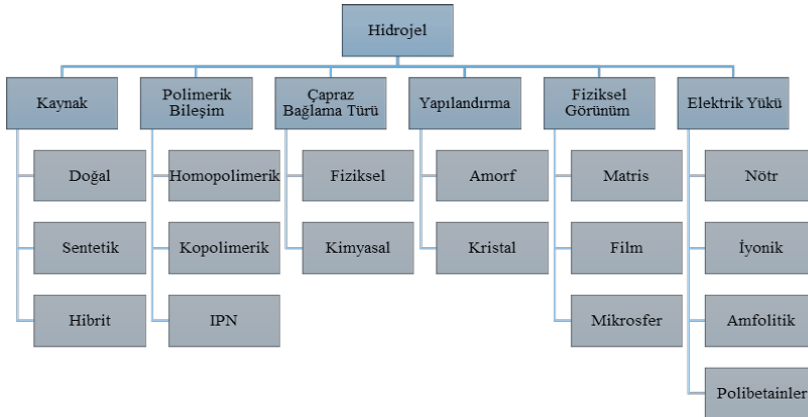
3. HİDROJELLERİN SINIFLANDIRILMASI

Hidrojeller sınıflandırılırken polimerik bileşimi, kaynağı, çapraz bağ türü, iyonik yükü, fiziksel durumu ve yapılandırması dikkate alınmaktadır (Şekil 3). Hidrojeller, doğal, sentetik ve hibrit olarak kaynağına göre üçe ayrılmaktadır. Doğal hidrojeller herhangi bir kimyasal dönüşüm olmadan direkt olarak kullanılabilirler. Sentetik hidrojeller ise bir dizi kimyasal dönüşüm sonucu oluşturulan hidrojellerdir. Son yıllarda oldukça ilgi gören ve kullanıldığı yere göre geliştirilen hibrit hidrojeller ise doğal ve sentetik hidrojellerin bir arada uygulanması sonucu oluşurlar. Hibrit hidrojellerin diğer çeşit hidrojellere göre avantajlı yanı her iki grubun özelliklerinden faydalanarak daha dayanıklı malzemeler üretilmesidir (Işık, 2023).

Doğal hidrojeller, genellikle buğday ve mısır gibi bitkisel ürünlerden elde edilen polisakkaritler olup gıda sanayiinde tercih edilirler. Yarı sentetik hidrojeller genelde selüloz içeren ürünlerden elde edilir ve petrokimya endüstrisinde kullanılmak üzere önerilmektedir (Mikkessen, 1994; Avcı, 2008).

Hidrojeller doğal, sentetik ve yarı sentetik olarak elde edilmelerinin yanında bir de özelliklerini ve kullanım performansını arttırmak amacıyla doğal ve sentetik polimerleri birleştirerek elde edilen hibrit jel olarak üretilmektedir.

Hibrit jeller ilk kez 1995 yılında (Campos vd., 2015) potansiyel kullanımlarını araştırmak amacıyla ilaç dağıtım sistemlerinde kullanılmıştır. Bundan sonra nişasta, kitosan, aljinat, selülöz gibi doğal polimerlerin birçok farklı kombinasyonu ile farklı hibrit jeller üretilmiştir (Işık, 2023).



Şekil 3. Hidrojellerin sınıflandırılması (Singh vd., 2007; Işık, 2023)

Birçok literatürde hibrit olarak bilinen hidrojeller, SAP olarak ifade edilmekte ve bu konuda farklı hibrit hidrojel sentezleri ile farklı amaçlara yönelik üretim yapılmaktadır.

Örneğin son zamanlarda SAP'ler gübre kapsülleme, tohum kaplamaları ve mahsul koruma gibi farklı tarımsal üretim uygulamalarında da kullanılarak bitki besin maddesi kayıpları azaltılabilmiş, tohumlar ve/veya fideler sert çevre koşullarından veya zararlılardan korunabilmiştir. Dolayısıyla da SAP'ler, ayarlanabilir özellikleri nedeniyle çeşitli zorlukların üstesinden gelerek sürdürülebilir tarım uygulamalarını iyileştirme konusunda önemli bir potansiyele sahiptirler (Dingley vd., 2024).

Tarımsal kullanıma uygun olduğu düşünülen üç ana hidrojel türü tespit edilmiştir (Neethu, 2018):

- Nişasta-graft kopolimerler,
- Çapraz bağlı poliakrilatlar,
- Çapraz bağlı poliakrilamidler ve akrilamid-akrilat kopolimerleri.

4. HİDROJEL KULLANIMINDAKİ AVANTAJLAR VE DEZAVANTAJLAR

Daha önce de belirtildiği gibi bitkisel üretim ve tıbbi tedavi başta olmak üzere birçok alanda farklı teknolojilerle üretilen hidrojellerin kullanımı her geçen gün artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Özellikle bitkisel üretimde hidrojel kullanımının artmasındaki en önemli nedenlerin günümüzde kıt kaynak olarak kabul edilen sudan maksimum faydanın sağlanması, erozyon vb. olumsuzluklardan toprağın korunması ve gübre etkinliğinin artırılması sayılmaktadır.

Hidrojel teknolojisiyle elde edilen faydaları maddeler halinde sıralayacak olursak, toprağın;

- Erozyonla kaybının önlenmesi,
- Su tutma kapasitesinin artırılması,
- Sıkışma eğiliminin azaltılması,
- Tuzluluk etkisinin azaltılması,
- Su kullanım etkinliğinin artırılması,
- Herbisit ve gübrenin yıkanmayla kaybının azaltılması,
- pH durumunun daha kolay düzenlenmesi,
- Pestisit içeriğinin yeraltı suyuna sızmasının azaltılması,

Bitkinin;

- Sulama sıklığının azaltılması,
 - Uzun süreli nem stresine dayanmaları,
 - Topraksız ortamlarda fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi,
 - Tohum çimlenmesi ve fide çıkış oranının iyileştirilmesi,
 - Kök büyümesi ve kök yoğunluğunun artırılması,
 - Erken ve yoğun çiçeklenme ve meyve vermesinin teşvik edilmesi,
 - Tohum ve fidelerin hastalık ve zararlılara karşı direncinin artırılması
- sayılabilmektedir (Avcı, 2008; Zohuriaan-Mehr vd., 2010; Neethu, 2018; Dingley vd., 2024).

Doğal SAP hidrojellerinin performansında sınırlamalar olmasına karşın en önemli avantajlarının biyolojik parçalanmadan kaynaklanan tam mineralizasyon, çevre kirliliğini azaltmaları ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini desteklemeleri sayılmaktadır (Dingley vd., 2024).

Ancak sentetik SAP'ler yenilenemeyen ve biyolojik olarak parçalanamayan maddelerden oluşmaları nedeniyle toksik olabilme potansiyeline sahiptirler ve bu tarımsal açıdan bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir (Vundavalli vd., 2015; Mignon vd., 2019). Bu nedenle, bu polimerlerin tarımda tohum kaplama veya toprak düzenleyici olarak yoğun kullanımı, bitki sağlığı, toprak verimliliği ve çevre kirliliği için büyük bir riske yol açabilecektir (Laftah vd., 2011; Pathak vd., 2020; Elshafie ve Camele, 2021).

Hidrojellerin önemli bir dezavantajı, mekanik olarak son derece dayanıksız olmalarıdır. Sentetik hidrojellerin mekanik performanslarının yetersiz oluşunun başlıca nedeni, jel ağ yapısı boyunca etkin bir enerji dağılım mekanizmasının olmayışı, bunun sonucu olarak jelin kırılmaya karşı herhangi bir direnç gösterememesidir (Tuncaboylu ve Okay, 2011).

Ayrıca hidrojeller, üretildikleri firmaların birbirinden farklı olmasından ve araştırmalarda yer alan gübrelerin içerdiği kimyasallardan da etkilenebilecekleri bilinmektedir (James ve Richards, 1986; Wang, 1987). Bu durumu Taylor ve Halfacre (1986), ortamın su tutma kapasitesinin eklenen gübreler sonucunda azalabileceğini belirterek ifade etmişlerdir (Eraslan, 2015).

5. SONUÇLAR

Su ve sulama yönetimiyle birlikte bitkisel üretimin de her geçen gün öneminin artması, bitkisel üretim teknolojileri üzerindeki baskıyı artırmakta ve bu konuda yapılan çalışmalara hız verilmektedir. Bu teknolojilerden biri de hiç kuşkusuz hidrojellerdir. Gerek doğal olarak gerekse laboratuvar ortamında üretilebilmeleri nedeniyle ulaşılabilirliği nispeten kolay olan bu hidrojellerin maliyetleri her geçen gün gelişen teknolojiyle birlikte azalmaktadır.

Bir yandan hidrojeller ile ilgili yapılan birçok bilimsel çalışmanın kontrollü laboratuvar koşullarıyla sınırlı kalmış olması bir yandan da özellikle doğal ve sentetik hidrojellerin karışımıyla elde edilen hibrit hidrojellerin çok farklı amaçlar için çok farklı özelliklerde üretilebilmeleri, hangi amaç için hangi özellikte hangi firma tarafından satılan hidrojinin kullanılması gerektiği konusunu karmaşık hale getirmekte ve hidrojellerden beklenen faydanın elde edilmesini sınırlandırabilmektedir. Dolayısıyla da uygulamaların başarılı olabilmesi konu ile ilgili yapılacak bilimsel çalışmaların optimizasyonuna ve bir dizi eğitime bağlı olacağı düşünülmektedir. Bir başka ifadeyle, yapılacak bilimsel çalışmaların sahadaki uygulamalara özel olarak tasarlanması ve sadece sulama performansı, sadece gübre performansı, sadece tohum performansı, sadece erozyon kontrolü sağlamak gibi spesifik bir konuda değil de disiplinler arası bir ekip ile çok farklı hedefin bir arada işlendiği arazi denemelerinin hayata geçirilmesinin bu teknolojinin başarısını daha da artıracaktır.

KAYNAKÇA

- Abobatta, W. (2018). Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Advances in Agriculture and Environmental Science*, 1(2), 59-64.
- Arı, A. (1998). *Sıcaklık ve pH Duyarlı Poli(vinil-eter) Hidrojellerin Sentezi ve Biyolojik Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans tezi)*. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arıcan, B. (2016). *Farklı Sulama Suyu Tuzluluğu Koşullarında Değişik Hidrojel Dozlarının Mısır (Zea mays) Verimine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi)*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Avcı, N. (2008). *Hidrojel Uygulamalarının Mısır (Zea Mays L.) Bitkisinin Su ve Fosforlu Gübre Kullanımı Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi)*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ay, B. (2024). *Vişne Çekirdeğinden Elde Edilen Pektinin Bitkisel Kaynaklı Doğal Hidrojel Üretiminde Kullanımı (Yüksek Lisans Tezi)*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barvenik, F.W. (1994). Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*, 158(4), 235-243.
- Bowman, D.C., & Evans, R.Y. (1991). Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. *HortScience*, 26(8), 1063-1065.
- Bouramis, D.G., Theodoropoulos, A.G., & Drossopoulos, J.B., (1995). Designing synthetic polymers as soil conditioners. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 26(9-10), 1455-1480.
- Campos, E. V. R., de Oliveira, J. L., Fraceto, L. F., & Singh, B. (2015). Polysaccharides as safer release systems for agrochemicals. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 47-66.
- Dingley, C., Cass, P., Adhikari, B., & Daver, F. (2024). Application of superabsorbent natural polymers in agriculture. *Polymers from Renewable Resources*, 15(2), 210-255.
- Elshafie, H. S., & Camele, I. (2021). Applications of absorbent polymers for sustainable plant protection and crop yield. *Sustainability*, 13(6), 3253.

- Eraslan, H. (2015). *Hidrojel Uygulamalarının Topraksız Tarımda Bazı Sebze Türlerinde Fide Kalitesi ve Verim Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi)*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hejcl, A., Lesný, P., Pradný, M., Michálek, J., Jendelová, P., Stulík, J., & Sýkova, E. (2008). Biocompatible hydrogels in spinal cord injury repair. *Physiological Research*, 57, 121–132.
- James E.A., & Richards D., (1986). The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water absorbing polymers. *Scientia Horticulturae*, 28, 201-208.
- Johnson, M.S. (1984). Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35, 1063-1066.
- Laftah, W. A., Hashim, S., & Ibrahim, A. N. (2011). Polymer hydrogels: A review. *Polymer Engineering & Science*, 50(8), 1475–1486.
- Mignon, A., De Belie, N., Dubruel, P., & Van Vlierberghe, S. (2019). Superabsorbent polymers: A review on the characteristics and applications of synthetic, polysaccharide-based, semi-synthetic, and ‘smart’ derivatives. *European Polymer Journal*, 117, 165–178.
- Mikkelsen, R. L. (1994). Using hydrophilic polymers to control nutrient release. *Fertilizer Research*, 38, 53–59.
- Mikkelsen, R. L. (1995). Using hydrophilic polymers to improve uptake of manganese fertilizers by soybeans. *Fertilizer Research*, 41, 87–92.
- Neethu, T. M., Dubey, P. K., & Kaswala, A. R. (2018). Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 3155-3162.
- Ohkawa, K., T. Kitsuki, M. Amaike, H. Saitoh, & H. Yamamoto. (1998). Biodegradation of ornithine-containing polylysine hydrogels. *Biomaterials* 19, 1855-1860.
- Pal, K., Banthia, A. K., & Majumdar, D. K. (2009). Polymeric hydrogels: characterization and biomedical applications. *Designed Monomers and Polymers*, 12(3), 197-220.
- Pathak, V., & Ambrose, K. R. P. (2020). Starch-based biodegradable hydrogel as seed coating for corn to improve early growth under water shortage. *Journal of Applied Polymer Science*, 48523, 1–12.

- Peppas, N. A., Bures, P., Leobandung, W., & Ichikawa, H. (2000). Hydrogels in medicine and pharmacy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 50, 27–46.
- Ratner, B. D., & Hoffman, A. S. (1976). *Synthetic hydrogels for biomedical applications*. ACS Symposium Series, Vol. 31. Chapter 1, p 1.
- Saçak, M. (1998). *Polimer Kimyasına Giriş*. AÜ FF Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, 50.
- Sarsılmaz, F., & Sarsılmaz, C. (2003). Ortopedide kullanılan polimer esaslı kompozit malzemeler. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 113-117.
- Singh, V., Tiwari, A., Pandey, S., & Singh, S. K. (2007). Peroxydisulfate initiated synthesis of potato starch-graft-poly (acrylonitrile) under microwave irradiation. *Express Polymer Letters*, 1(1), 51-58.
- Söylemez, S., Pakyürek, A., & Esin, Ş. (2020). Kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen hıyarın verim ve bazı kalite özelliklerine Waterpad polimer uygulamasının etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1031-1042.
- Taylor, K. C., & Halfacre, R. G. (1986). The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *HortScience*, 21(5), 1159-1161.
- Tekiner, M., Yildirim, M., Türkmen, C., Oral, A., & İzci, B. (2016). Determination of the effects of hydrogel on irrigation program for maize cultivated in the field conditions. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, *Environmental Engineering*, 5, 87– 92.
- Tekiner, M. (2023). Türkiye’de uygulanan tarımsal su kullanım hizmet bedeli algoritmaları ve tarifelerinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 681-691.
- Tuncaboylu, D. C., & Okay, O. (2011, Haziran). *Kendi Kendini İyileştirebilen (self-healing) Poliakrilamid Jellerinin Miseller Kopolimerizasyonu ile Sentezi ve Karakterizasyonu*. 25. Ulusal Kimya Kongresi’nde sunulan bildiri. Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Erzurum.
- Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 57, 414–433.

- Vundavalli, R., Vundavalli, S., Nakka, M., & Rao, D. S. (2015). Biodegradable nano-hydrogels in agricultural farming—alternative source for water resources. *Procedia Materials Science*, 10, 548–554.
- Wang Y.T. (1987). Driving Your Soil to Drink. *Greenhouse Manager*, 6(3), 115-120.
- Zohuriaan-Mehr, M. J., Omidian, H., Doroudiani, S., & Kabiri, K. (2010). Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. *Journal of Materials Science*, 45(21), 5711-5735.

BÖLÜM VI

ÇÖREK OTU (*Nigella sativa*) BİTKİSİNDE ORGANİK GÜBRELERİN ETKİSİ

Doç. Dr. Tuğba GÜRKÖK TAN¹

Dr. Öğr. Üyesi Gülşen GÜÇLÜ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514635>

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Tarla Bitkileri Bölümü, Çankırı, Türkiye

t.gurkok@gmail.com Orcid ID:0000-0003-0599-5628

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Sağlık Programları Bölümü, Sivas, Türkiye.

gulsenguclu@cumhuriyet.edu.tr , Orcid ID:0000-0002-3599-213X

1. GİRİŞ

Binlerce yıldır ilaç, gıda, baharat ve kozmetik gibi farklı amaçlar için kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler günümüzde hala popülerliğini korumaktadır. Özellikle ilaç, gıda ve kozmetik sanayiinde artan talep doğrultusunda tıbbi ve aromatik bitkiler için doğru tarım uygulamalarının yürütülmesi istenmektedir. İklimi, coğrafi konumu ve dolayısıyla bitki biyoçeşitliliği ile öne çıkan Türkiye'de ilaç, gıda ve kozmetik alanlarında kullanılmak üzere oldukça fazla tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yetiştiriciliğinin yanı sıra bu bitkiler doğadan da toplanabilmektedir. Ancak burada önemli olan nokta tıbbi ve aromatik bitkilerin istenilen kalitede ürün üretmesidir. Bunu sağlamak için öncelikle bitkiler için uygun yetiştirme ortamının oluşturulması, doğru hasat zamanının belirlenmesi ve uygun gübrelerin kullanımı önem taşımaktadır (Pakdemirli, 2020).

2. ÇÖREK OTU BİTKİSİ VE ÖZELLİKLERİ

Çörek otu (*Nigella sativa* L.) Ranunculaceae familyasında yer alan en önemli türlerden birisi olup Akdeniz ülkelerinde doğal yayılış gösteren 20-50 cm boyunda olabilen, tek yıllık otsu bir tıbbi bitkidir (Thilakarathna vd., 2018). Gövdesi dik, az tüylü, alt yaprakları saplı, üst yaprakları sapsızdır. Tohumlarının uzunluğu 2-4 mm, genişliği ise yaklaşık 2 mm'dir (Şekil 1). Tohumlar içerdiği sekonder metabolitler ve uçucu yağlardan dolayı aromatik bir tada sahiptir (Margout vd., 2013).

M.Ö. 1650 yıllarına ait Türkiye'de bir Hitit tapınağı kalıntısındaki şişede bulunmuştur (Salih vd., 2009). Güney Avrupa, Orta Asya ve Doğu Akdeniz bölgelerinde doğal yayılış gösterdiği bilinmektedir (Wajs vd., 2008). Toplamda 20 türü bulunan *Nigella* cinsinin Türkiye florasında 14 türü bulunmaktadır (Dönmez vd., 2010). Ticari olarak en yaygın ekimi yapılan tür *N. sativa*'dır (Can, 2021). Türkiye' de Eskişehir Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde 2014 yılında gerçekleştirilen bir çalışma ile çörek otunda ilk tescilli çeşit olan Çameli çeşidi geliştirilmiştir.



Şekil 1. Çörek otu bitkisinin çiçek ve yaprakları (Shabana vd., 2013)

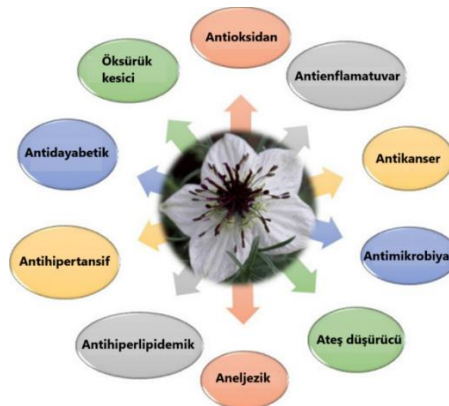
Çörek otu çoğunlukla Orta Doğu, Batı Asya, Akdeniz ve Orta Avrupa'nın kuru ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirilmektedir (Ozer vd., 2020). Çörek otu bitkisinin yetiştirme dönemi Kasım ayından Nisan ayına kadardır. Çimlenmesi ise ideal koşullar altında 25-30 gün arasında değişmektedir (Chaouche vd., 2014). Dünyada en fazla üretimi yapılan ülkeler Hindistan, Suriye ve Türkiye'dir (POWO, 2024). Ülkemizde çörekotu yetiştiriciliği Afyonkarahisar, Burdur, Gaziantep, Konya, Mardin ve Nevşehir illerinde yapılmaktadır. 2022 yılında 10802 dekardan 10089 ton çörek otu tohumu elde edildiği bildirilmiştir (TVEO, 2020; TÜİK, 2022). Yıllara göre her ne kadar artış da olsa halen gereksinimi yeteri kadar karşılayamamaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. İllere göre üretim durumu (TÜİK, 2020)

İller	Alanı (Dekar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Burdur	11.318	929	82
Uşak	8.735	779	89
Konya	6.431	753	117
Antalya	1.340	203	151
Çorum	2.000	199	100
Bursa	1.741	132	76
Kütahya	910	93	102
Samsun	813	90	111
Sivas	761	77	101
Kayseri	550	70	127
Kars	476	67	141
Diğer	2.008	211	-
Toplam	37.085	3.603	-

2.1. Kullanım Alanları

Asya ve Doğu bölgelerde çörekotu bitkisinin tohumları hem tıbbi amaçlı kullanılabilen hem de mutfaklarda ve gıda sanayiinde kullanılmaktadır (Halawani, 2009; Lutterodt vd., 2010). Tohumları ve yağı çeşitli hastalıklarda geleneksel olarak kullanılmaktadır. Tohumları süt arttırıcı, iştah açıcı, idrar söktürücü antiparazital, hazım kolaylaştırıcı, balgam sökücü ve ateş düşürücü olarak kullanılmaktadır (Şekil 2). Çörek otu yağına olan talep dünya çapında giderek artmaktadır (Asif ve Ansari, 2019). Ayrıca, birçok gıda ve ilaç firması organik olarak yetiştirilen bitkilerden elde edilen bileşenleri kullanmaktadır (Rahmani vd., 2023).



Şekil 2. Çörekotu bitkisinin kullanım alanları (Tavakkoli ve Hosseinzadeh (2020)'den düzenlenmiştir)

2.2. Kimyasal İçeriği

Kimyasal bileşenler açısından zengin olan bu bitkinin içerdiği en öne çıkan metaboliti aktif bir fenolik bileşen olan timokinon'dur. Bu metabolit pek çok diğer aktif bileşenler ile birlikte antimikrobiyal, antiparazital, antioksidan, antiülser ve antianaljezik gibi pek çok aktiviteye sahiptir (Shahid vd., 2022). Siyah tohumlarda doymamış yağ asitleri, sitronellol, limonen, spinasterol, sitosterol, stigmasterol, kampesterol, sabit yağ (%35,4) ve uçucu yağ (%0,5-1,6), vitaminler, askorbik asit, folik asit niacin gibi çeşitli fitokimyasallar tanımlanmıştır (Hajhashemi vd., 2004; Hannan vd., 2021). Tohumundan elde edilen yağ linoleik, oleik ve palmitik asitler de dahil olmak üzere sekiz önemli yağ asidi içerir (Tuncurk vd., 2012).

2.3. Yetiştiriciliği

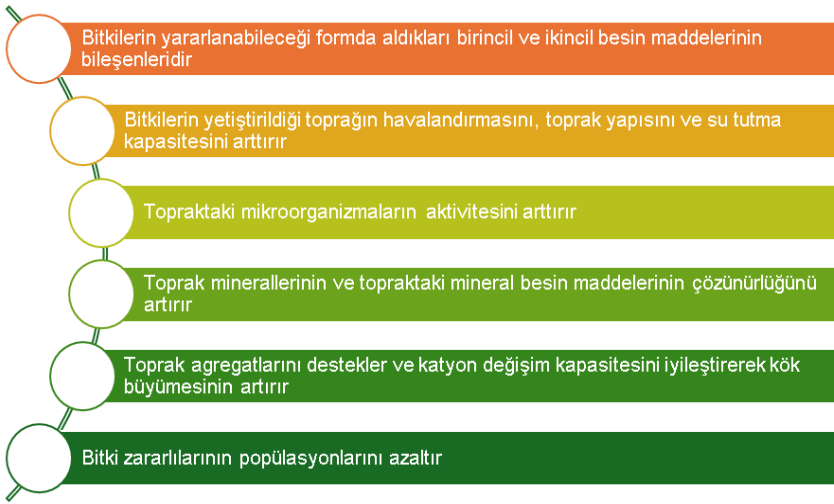
Güneşli, sıcak ve ılıman bölgelerde yetişen çörek otu hafif killi, kumlu-tınlı, zengin besin içeriği bulunan topraklarda yüksek verime sahiptir. İklim olarak kışları aşırı soğuk ve don olmayan bölgelerde sonbaharda ekimi yapılırken soğuk bölgelerde ekimi ilkbahar ayında yapılır. Fazla sulamaya ihtiyaç duymaz. Çiçeklenme dönemine kadar bir kez sulanması yeterlidir. Yetiştiriciliğinde orta seviyede kimyasal gübre veya iyi yanmış ahır gübresi tavsiye edilmektedir.

3. ORGANİK GÜBRELER

İklim koşullarının değişmesi ve toprak yapısının bozulması, topraktaki organik madde miktarının azalması dolayısıyla buna bağlı olarak toprak veriminin düşmesi 21. yüzyılda üreticilerin karşı karşıya kaldığı en önemli sorunlardan bir tanesidir. Özellikle kurak ve yarı kurak topraklar daha az organik maddeye sahip olduğu için yeterli su tutamaz (Guo vd., 2020). Bu tip topraklarda bu sorunları önlemek için kimyasal gübrelerin yanı sıra sentetik organik gübreler kullanılmaktadır ancak bu tür gübrelerin kullanılması topraktaki organik maddesinin azalmasına sebep olduğu gibi aynı zamanda çevre kirliliğine de yol açmaktadır (Zambon vd., 2017). Son dönemlerde kullanılmaya başlanan organik gübreler toprak ve bitki verimini arttırmak adına daha önemli hale gelmiştir (Vafadar-Yengeje vd., 2019). Bitkiler için

büyümleri süresince azot, potasyum, fosfor, magnezyum ve kalsiyum gibi besin kaynaklarını içeren vermikompost hem toprak verimini artırır hem de çevre kirliliğine yol açmaz (Nagavallema vd., 2004; Yang vd., 2013).

Organik gübreleri kompost, çiftlik gübresi, yeşil gübreler, biyogübreler şeklinde sınıflandırmak mümkündür (Singh vd., 2020). Tarımda organik gübrelerin uygulanması sürdürülebilir tarım için önemli bir stratejidir. Organik gübrelerin tarımda çok sayıda faydaları bulunmaktadır (İrfan vd., 2021; Şekil 2).



Şekil 2. Organik gübrelerin belirlenen faydaları

Faydalarının yanı sıra organik gübrelerin bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini toplu olarak barındırmamaları, insanlar için zararlı mikroorganizmaları barındırabilmeleri, uygulanır uygulanmaz hemen bitkinin gereksinimlerini karşılamaması gibi çeşitli sınırlamaları da mevcuttur (İrfan vd., 2021). Organik gübrelerin biyolojik kaynağı, belirli işlevsel özelliklerini belirler, ancak bu işlevlerin sistematik olarak incelenmesi ve bitkilerde nasıl etkilere sahip olduğu ile ilgili çalışmalar son dönemde hız kazanmıştır. Özellikle tıbbi bitkiler söz konusu olduğunda çeşitli bitki besleme uygulamalarının değerlendirilmesi, yüksek kaliteli ve yüksek verimli ürünler üretmek için tarımsal planlamada önemli bir gerekliliktir.

4. ORGANİK GÜBRELERİN ÇÖREK OTU BİTKİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Pek çok bitkide olduğu gibi çörekotu bitkisinde de organik gübrelerin verim ve kalite üzerine etkileri hem Türkiye koşullarında hem de dünya çapında araştırılmıştır.

Türkiye'nin ciddi bir çörek otu yetiştiricisi konumunda olması bu bitkinin verimli ve kaliteli yetiştirilmesini de önemli kılmaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalara 2024 yılında Çameli çörek otu çeşidi ile yürütülen çalışmada çeşitli organomineral gübrelerin bitkinin verimi ve yağ içeriği incelenmiştir. Verim açısından değerlendirildiğinde organomineral gübrelere nazaran inorganik kompoze gübrelerin daha iyi sonuç verdiği, yağ verimi açısından 4:11 organomineral gübresinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar bitkinin tek yıllık olması sebebiyle daha net sonuçlar elde edilebilmesi için çalışmanın bir sene daha yapılmasının gerekliliğini belirtmişlerdir (Ekren ve Koç, 2024). Organik gübrelerin uygulanır uygulanmaz bitkinin ihtiyaçlarını karşılamayacağı göz önüne alındığında bu çalışmada inorganik gübrelerin daha etkili olması yadsınamaz.

Salehi vd. (2016), çörekotu bitkisinin yetiştirilmesi sürecinde üre ve sığır gübresinin birleştirilmesinin mikrobiyal biyokütle karbonu, toprak CO₂ akışı ve kuru madde birikimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Üre ve sığır gübresinin birlikte uygulanması, tek başına üre gübrelemesine göre toplam N'yi %3,27, mikrobiyal biyokütle karbonunu %10, çiçeklenme aşamasında N'yi %7,57, toprak organik karbonunu %2,45 ve CO₂ akışını %9 oranında artırmıştır. Üre ile birleştirilen sığır gübresi ve tam doz üre uygulaması, gübrenin etkinliğini artırmış ve toprak biyolojik özelliklerini ve bitki büyümesini artırmıştır.

Topraktaki organik madde miktarını artırıcı etkisi olduğu belirtilen hümik asit uygulaması yapılan çörek otu bitkisinin Kayseri ili koşullarında değerlendirildiğinde 2 kg da⁻¹ ekim normu ve 200 g da⁻¹ hümik asit miktarının Kayseri ili için bitkinin verimi açısından uygun bir seçenek olabileceği belirtilmiştir (Karer ve Beyzi, 2022). Çukurova ili ekolojik koşullarında kimyasal ve organik gübrelerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise bitki boyu, tohum verimi sabit yağ oranı ve verimi üzerine NPK

gübrelerin daha etkili olduğu, dal ve kapsül sayısı ile kapsülde bulunan tohum sayısına tavuk gübresi uygulamasının daha iyi sonuç verdiği, bin dane ağırlığına ise vermikompost gübrenin etkili olduğu gösterilmiştir (Sağlık, 2020).

Çevresel koşullar ve toprak verimliliği, çörek otu tohumunda üretilen uçucu yağ ve yağın tane verimini, miktarını ve kalitesini etkileyen faktörlerden biridir. Organik, biyolojik ve kimyasal gübrelerin çörek otu tohumunun verimi, verim bileşenleri ve yağ verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülen çalışmada hümik ve fulvik asitlerin ve biyokükürt biyogübresinin tek başına veya kimyasal gübreler ve hayvansal gübre ile birlikte kullanılmasının çörekotu bitkisinde özelliklerinin miktarını ve kalitesini iyileştirdiği gösterildi. Özellikle tohumlardaki en yüksek yağ yüzdesine hayvansal gübre + hümik asit kombinasyonu ile ulaşılmıştır (Sohrabi vd., 2021).

Khalaf-alla vd. (2024) çörekotunda tavşan gübresi, üre formaldehit ve biyogübrelerin birlikte uygulanmasının toprak pH ve elektrik iletkenliği üzerinde iyileştirici özelliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu üç farklı gübrenin çörek otu bitkisinin büyümesini, toprak verimliliğini, Azot (N) ve Fosfor (P) salınımını arttırdığı yönünde bulgular elde etmişlerdir (Khalaf-alla vd., 2024). Başka bir çalışmada 45:30:20 kg/ha NPK (Azot, Fosfor ve Potasyum) gübre ile 15 t/ha çiftlik gübresinin birlikte kullanımının çörek otunun büyümesini, kalitesini ve erimini arttırmak için başarılı bir kombinasyon olabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar entegre besin yönetiminin iyi bir seçenek olabileceğini ve inorganik gübrelerin kullanım dozunu azaltabileceğini öne sürmüşlerdir (Mewada vd., 2023).

Tavuk dışkılarının ayrışmasıyla üretilen tavuk gübresi içerdiği zengin organik maddeler sayesinde eklendiği toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirerek bitkilerin verim ve kalitesini artırır (Mohamed ve Hammam, 2019; Khalaf-alla vd., 2024). Tavuk dışkısı kökenli biyokömür bitkilerden elde edilen biyokömüre nazaran daha yüksek kaliteye sahiptir (Chan vd., 2008). Mikorizal ve/veya bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler içeren biyokömürün, çörek otu bitkisinin toprak verimliliği, kimyasal özellikleri, yağ ve tohum verimi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir

çalışma biyokömür, arbusküler mikorizal fungi (AMF) ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler'in (PGPR) birlikte uygulanmasının besin maddelerinin bulunabilirliğini ve emilimini artırarak, çörek otunda büyüme ve daha yüksek verime yol açtığını, sabit ve uçucu yağ içeriğini önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir (Sayed vd., 2024). Biyokömürün AMF ve PGPR gibi faydalı mikroorganizmalar için elverişli bir ortam sağlamasının sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanımının toprağı iyileştirmede büyük etkisinin olduğu dolayısıyla çörek otu yetiştiriciliğinde biyokömür ve biyogübrelerin tek tek veya birlikte tarımsal uygulamalara dâhil edilmesi araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Darakeh vd. (2021), NPK, solucan gübresi (VC), *Pseudomonas fluorescens* (PF), *Azotobacter chroococcum* (AC), *Azospirillum brasilense* (AB), *Glomus mosseae*'nin (AMF) çörek otunda bitki ağırlığı, antioksidan kapasite, tohum yağı ve yaprak besin maddeleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda VC ile muamele edilen bitkilerde (24,9 g ve 28,8 g) veya AMF ile aşıl原因an bitkilerde (23,4 g ve 27,8 g) kuru ağırlığın sırasıyla 2018 ve 2019 yıllarında diğer uygulamalara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Tohum yağı açısından da yine VC uygulaması yapılmış çörek otu bitkilerinin çoklu doymamış yağ asitlerinin diğer uygulamalara kıyasla önemli oranda yüksek olduğu belirlenmiştir (Darakeh vd., 2021).

Akdeniz koşullarında gübrelemenin ve bitki yoğunluğunun çörek otu bitkisinin azot alımı, kullanım etkinliği ve verimliliği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı üç yıllık bir çalışmada deniz yosunu kompostu, çiftlik gübresi ve inorganik gübre uygulaması gerçekleştirilmiştir. En yüksek tohum verimi, azot alımı ve kullanım etkinliği düşük yoğunluklu ve inorganik gübrelemeye tabi tutulan bitkilerde bulunmuştur (Roussis vd., 2022).

Saini vd. (2023), farklı dozlarda organik ve inorganik gübrelerin çörek otu bitkisinin büyümesi, verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere yürüttükleri çalışmada organik gübreler ve inorganik gübrelerin kombinasyonunun kullanılmasının bitkinin büyümesi ve gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ayrıca, bitki boyu, çiçek sayısı, bitki başına kapsül sayısı, erken çiçeklenme ve olgunlaşma ve şemsiye başına düşen tohum sayısı ve bitki başına tohum verimi açısından en olumlu

sonuçların %50 NPK + %50 Çiftlik Gübresi kombinasyonu ile elde ettiklerini belirtmiştir (Saini vd., 2023).

Kuraklık stresi, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki sulu tarımda tarımsal üretimi etkileyen en kritik faktörlerden biridir (Seleiman vd., 2021). Tıbbi ve aromatik bitkilerde de kuraklık stresi bitkilerin verimini etkileyen bir unsurdur. Kuraklık stresinin çörek otu bitkisinin büyümesi, fizyolojik tepkisi ve tohum verimi üzerine olumsuz etki yarattığı Abdou vd. (2023) tarafından gösterilmiştir. İki yıl sürdürülen bu çalışmada farklı seviyelerde kompost uygulaması yapılan kuraklık stresine maruz kalmış çörek otu bitkilerinin büyüme, fizyolojik, biyokimyasal ve verim özellikleri açısından stresin etkilerinden daha az etkilendiği belirtilmiştir. Kuraklık stresi çörek otu bitkisinde doymuş yağ asitleri içeriğini arttırırken, doymamış yağ asitleri azaltmıştır ancak (C30) kompost uygulaması, kontrol ile kıyaslandığında bitkilerin tohum veriminde, sabit yağda ve uçucu yağda sırasıyla %34,72, %46,55 ve %58,11 oranında önemli bir artışa neden olduğu bulunmuştur (Abdou vd., 2023).

Kuraklık stresi, salisilik asit ve poliaminlerin çörek otu bitkisinde bitki büyüme verimi, yağ ve tohum uçucu yağ içeriği üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada sonuçlar %100 sulama + 1 mM salisilik asit yaprak uygulamasının en iyi sonucu verdiğini göstermiştir. Dolayısıyla kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin putresin ve spermidininden ziyade salisilik asit uygulanması ile hafiflediği belirtilmiştir (Kharazi ve Asgharzadeh, 2023).

Askorbik asidin çörek otu bitkisinin büyüme arttırıcı potansiyelini değerlendirebilmek amacı ile 350 µm ve 400 µm salisilik asit yedi farklı büyüme aşamasında çörek otuna uygulanmıştır. Önce 350 µm askorbik asit ardından 400 µm askorbik asit uygulamasının çörek otu bitkisinin verimini ve üretimini ciddi oranda arttırdığı gözlemlenmiştir. Çörek otu bitkisinden en iyi verimi elde etmek için ekiminden itibaren 40 + 80 + 120. günlerde 350 µm dozunda askorbik asit uygulanması araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Mehmood vd., 2024).

5. SONUÇ

Modern tarım inorganik gübrelerin kullanımı ile yüksek verim elde etmektedir. Bu gübrelerin kullanımı ile yüksek verim elde edilmesine rağmen toprak mikrobiyal biyokütlesini azaltır, toprak asitlenmesine ve bozulmasına, besin kaybına, kirliliğe neden olabileceğinden canlıların sağlığını tehdit etmektedir. Bu sebepten inorganik gübrelerin kullanımı sürdürülebilir değildir ve çevre dostu uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yukarıda belirtildiği üzere tarımda inorganik gübreler ile birlikte organik gübrelerin kullanılması toprak ve bitki verimliliği açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdou, N. M., Roby, M. H., Abdulkreem, A., Elkelish, A., Sayed, A. A., Alharbi, B. M., Mahdy, H. A., & Badawy, A. I. (2023). Compost Improving Morphophysiological and Biochemical Traits, Seed Yield, and Oil Quality of *Nigella sativa* under Drought Stress. *Agronomy*, 13(4), 1147. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041147>
- Asif, A., & Ansari, M. Y. K. (2019). Generation of mutant lines of *Nigella sativa* L. by induced mutagenesis for improved seed yield. *Industrial Crops and Products*, 139, 111552. <https://doi.org/10.3390/plants8090321>
- Can, M. (2021). Farklı Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Genotiplerinin Kışlık Ekim Koşullarında Verim ve Verim Öğelerinin Araştırılması. *Ziraat Mühendisliği* (372), 66-74. <https://doi.org/10.33724/zm.892185>
- Chan K. Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., Joseph S. (2008). Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* 46, 437-444. <https://doi.org/10.1071/SR08036>
- Chaouche, T. M., Haddouchi, F., Ksouri, R., & Atik-Bekkara, F. (2014). Evaluation of antioxidant activity of hydromethanolic extracts of some medicinal species from South Algeria. *Journal of the Chinese Medical Association*, 77(6), 302-307. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2014.01.009>
- Darakeh, S. A. S. S., Weisany, W., Diyanat, M., & Ebrahimi, R. (2021). Bio-organic fertilizers induce biochemical changes and affect seed oil fatty acids composition in black cumin (*Nigella sativa* Linn). *Industrial Crops and Products*, 164, 113383. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113383>
- Dönmez, A. A., Wajhani, Y., & Alsamman, B. (2010). A New Record of *Nigella* L. Ranunculaceae for Flora Syria. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38(4), 307-309.
- Ekren, S., & KOÇ. A. (2024). Farklı Organomineral ve İnorganik Kompoze Gübrelerin Çörek Otu Bitkisinde Verim ve Bazı Verim Unsurları İle Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 346-361. : <https://doi.org/10.5281/zenodo.11158367>

- Guo, L., Shen, J., Li, B., Li, Q., Wang, C., Guan, Y., D'Acqui, L. P., Luo, Y., Tao, Q., Xu, Q., Li, H., Yang, J., & Tang, X. (2020). Impacts of agricultural land use change on soil aggregate stability and physical protection of organic C. *Science of The Total Environment*, 707, 136049. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136049>
- Hajhashemi, V., Ghannadi, A., & Jafarabadi, H. (2004). Black cumin seed essential oil, as a potent analgesic and antiinflammatory drug. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(3), 195-199. <https://doi.org/10.1002/ptr.1390>
- Halawani, E. (2009). Antibacterial activity of thymoquinone and thymohydroquinone of *Nigella sativa* L. and their interaction with some antibiotics. *Adv Biol Res*, 3(5-6), 148-52.
- Hannan, M. A., Rahman, M. A., Sohag, A. A., Uddin, M. J., Dash, R., Sikder, M. H., Rahman, M. S., Timalisina, B., Munni, Y. A., Sarker, P. P., Alam, M., Mohibullah, M., Haque, M. N., Jahan, I., Hossain, M. T., Afrin, T., Rahman, M. M., Mitra, S., Oktaviani, D. F., . . . Kim, B. (2021). Black Cumin (*Nigella sativa* L.): A Comprehensive Review on Phytochemistry, Health Benefits, Molecular Pharmacology, and Safety. *Nutrients*, 13(6), 1784. <https://doi.org/10.3390/nu13061784>
- Irfan, B. S., Kasal, Y., & Chowdary, D. M. (2021). A review on effects of chemical fertilizers and organic manures on soil fertility. *The Pharma Innovation Journal*, 10(8), 504-507.
- Karer, Ş., & Beyzi, E. (2022). Ekim Normu ve Hüyük Asit Uygulamalarının Çörekotu (*Nigella sativa* L.) Bitkisinin Bazı Önemli Verim ve Kalite Parametrelerine Etkileri. *Erciyes Tarım Ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(2), 84-90. <https://doi.org/10.55257/ethabd.1183761>
- Khalaf-alla, M., Sayed, Y., Al-Sayed, H. M., & Ali, A. M. (2024). Impact of Different Fertilizers on Black Cumin (*Nigella Sativa* L) Plants and Their Relation to Release Kinetics of Nitrogen and Phosphorus. *Egyptian Journal of Soil Science*, 64(3), 911-925. <https://doi.org/10.21608/ejss.2024.278452.1740>

- Kharazi, M. E., & Asgharzadeh, A. (2023). Effects of drought stress, salicylic acid, and polyamines on plant growth yield and oil and essential oil content of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 39(2), 237-254. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2023.360004.3235>
- Lutterodt, H., Luther, M., Slavin, M., Yin, J., Parry, J., Gao, J., & Yu, L. (. (2010). Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of cold-pressed black cumin seed oils. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1409-1413. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.009>
- Margout, D., Kelly, M. T., Meunier, S., Auinger, D., Pelissier, Y., & Larroque, M. (2013). Morphological, microscopic and chemical comparison between *Nigella sativa* L. cv (black cumin) and *Nigella damascena* L. cv. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1), 165-171.
- Mehmood, A., Naveed, K., Liu, K., Harrison, M. T., Saud, S., Hassan, S., ... & Fahad, S. (2024). Exogenous application of ascorbic acid improves physiological and productive traits of *Nigella sativa*. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28766>
- Mewada, G. S., Meena, K. C., Naruka, I. S., Tripathi, M. K., Kachouli, B. K., Soni, N., ... & Dwivedi, S. K. (2023). Effect of Major Fertilizers and Organic Manure Levels on Growth, Yield and Economic of *Nigella* (*Nigella sativa* L.). *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 16(3), 159-165. <https://doi.org/10.30954/0974-1712.03.2023.1>
- Mohamed, W. S., & Hammam, A. A. (2019). Poultry manure-derived biochar as a soil amendment and fertilizer for sandy soils under arid conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 59(1), 1-14. <https://doi.org/10.21608/ejss.2019.6535.1229>
- Nagavallemma, K. P., Wani, S. P., Lacroix, S., Padmaja, V. V., Vineela, C., Rao, M. B., & Sahrawat, K. L. (2004). Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on Agroecosystems* Report no. 8.

- Ozer, H., Coban, F., Sahin, U., & Ors, S. (2020). Response of black cummin (*Nigella sativa* L.) to deficit irrigation in a semi-arid region: Growth, yield, quality, and water productivity. *Industrial Crops and Products*, *144*, 112048. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112048>
- Pakdemirli, B. (2020). Economic Importance of Medicinal and Aromatic Plants in Turkey: The Examples of Thyme And Lavender. *Bahçe*, *49*(1), 51-58.
- POWO. (2024). Plants of the World Online: *Nigella sativa* L. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Son Erişim: 25.10.2024. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:711687-1>
- Rahmani, R., Khalesro, S., & Heidari, G. (2023). Vermicompost and zeolite improve yield, nutrient uptake, essential and fixed oil production, and composition of *Nigella sativa* L. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1214691. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1214691>
- Roussis, I., Kakabouki, I., Beslemes, D., Tigka, E., Kosma, C., Triantafyllidis, V., Mavroeidis, A., Zotos, A., & Bilalis, D. (2022). Nitrogen Uptake, Use Efficiency, and Productivity of *Nigella sativa* L. In Response to Fertilization and Plant Density. *Sustainability*, *14*(7), 3842. <https://doi.org/10.3390/su14073842>
- Sağlık, A. (2020). Çukurova koşullarında çörekotu (*Nigella sativa* L.)'nda organik ve ticari gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Fen Bil. Ens. Y. Lis. Tezi*, 49.
- Saini, M., Singh, D., & Wesley, C. J. (2023). Effect of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Black Cummin (*Nigella sativa* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, *13*(9), 1558-1564. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92387>
- Salih, B., Sipahi, T., & Dönmez, E. O. (2009). Ancient *nigella* seeds from Boyalı Höyük in north-central Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, *124*(3), 416-420. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.05.039>
- Sayed, Y. A., Ali, A. M., Ibrahim, M. F., Fadl, M. E., Casucci, C., Drosos, M., Scopa, A., & M., H. (2024). Impact of Poultry Manure-Derived

- Biochar and Bio-Fertilizer Application to Boost Production of Black Cumin Plants (*Nigella sativa* L.) Grown on Sandy Loam Soil. *Agriculture*, 14(10), 1801. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101801>
- Seleiman, M. F., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Haleem, H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants*, 10(2), 259. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>
- Shabana, A., El-Menyar, A., Asim, M., Al-Azzeh, H., & Al Thani, H. (2013). Cardiovascular benefits of black cumin (*Nigella sativa*). *Cardiovascular toxicology*, 13, 9-21. <https://doi.org/10.1007/s12012-012-9181-z>
- Shahid, M. A., Rahim, A., Chowdhury, M. A., & Kashem, M. A. (2022). Development of antibacterial nanofibrous wound dressing and conceptual reaction mechanism to deactivate the viral protein by *Nigella sativa* extract. *Advances in Traditional Medicine*, 22(2), 283-291. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00538-3>
- Singh, T. B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., & Dantu, P. K. (2020). Role of organic fertilizers in improving soil fertility. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*, 61-77. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_3
- Sohrabi Rinani, R., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Astaraei, A. (2021). Effect of Organic, Biological and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Oil Yield of Black Seed (*Nigella sativa* L.). *Journal Of Agroecology*, 13(1), 23-38. <https://doi.org/10.22067/jag.v12i1.22652>
- Tavakkoli, A., & Hosseinzadeh, H. (2020). *Nigella sativa* L. And thymoquinone as neuroprotective antioxidants. *Oxidative Stress and Dietary Antioxidants in Neurological Diseases*, 325-341. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817780-8.00021-9>
- Thilakarathna, R.C.N., Madhusankha, G.D.M.P., Navaratne, S.B. (2018). Morphological Characteristics of Black Cumin (*Nigella sativa*) Seeds. *Chemistry Research Journal*, 3(3), 40-45.

- Tuncturk, R., Tuncturk, M., & Ciftci, V. (2012). The effects of varying nitrogen doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Advances in Environmental Biology*, 6(2), 855-858.
- TÜİK. (2022). *Tablo 3: Meyve ürünleri içecek ve baharat bitkileri üretim miktarları*. Son Erişim: 22.10.2024. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>
- TVEO. (2020). *Çörek Otu Fizibilite Raporu ve Yatirimci Rehberi*. Son Erişim: 25.10.2024. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/TARYAT/Belgeler/Projeler/%C3%87orek+Otu+Fizibilite+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf>
- Vafadar-Yengeje, L., Amini, R., & Dabbagh Mohammadi Nasab, A. (2019). Chemical compositions and yield of essential oil of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under different fertilizers application. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118033. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118033>
- Wajs, A., Bonikowski, R., & Kalemba, D. (2008). Composition of essential oil from seeds of *Nigella sativa* L. Cultivated in Poland. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(2), 126-132. <https://doi.org/10.1002/ffj.1866>
- Yang, J., Liu, X., & Shi, Y. (2013). Effect of different mixed fertilizer on yield, quality and economic benefits in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Adv J Food Sci Technol*, 5(5), 588-591. <http://dx.doi.org/10.19026/ajfst.5.3132>
- Zambon, I., Colantoni, A., Carlucci, M., Morrow, N., Sateriano, A., & Salvati, L. (2017). Land quality, sustainable development and environmental degradation in agricultural districts: A computational approach based on entropy indexes. *Environmental Impact Assessment Review*, 64, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.01.003>

BÖLÜM VII

EKİNEZYA TOHUMLARINDA HORMON UYGULAMALARININ ÇİMLENME VE FİDECİK KARAKTERLERİNE ETKİSİ

Rusul Abdulatef Adulhussein ALTAMEMI¹

Prof. Dr. Hakan ŞEVİK²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514650>

¹ Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Kastamonu, Türkiye.

rusulaltamemi@kastamonu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5688-025X

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye. hsevik@kastamonu.edu.tr,

Orcid ID: 0000-0003-1662-4830

1. GİRİŞ

Bitkiler, besin piramidinin temelini oluşturan önemli canlılardır ve bu nedenle dünya üzerindeki tüm yaşam doğrudan veya dolaylı olarak bitkilere bağlıdır. Fotosentez yetenekleri sayesinde güneş ışığını besine dönüştürmeleri, bitkilerin hayati önemini artırmaktadır (Sevik vd., 2017; Özdikmenli vd., 2024). Ayrıca, bitkiler ekonomik açıdan büyük bir kaynak oluştururken (Güney vd., 2022; Özel vd., 2024), buldukları ortamda hava kirliliğini ve gürültüyü azaltır, erozyonu engeller, rüzgar hızını düşürür ve iklim düzenlemesi gibi çeşitli ekolojik ve sosyal işlevler üstlenirler (Atar vd., 2020; Yıldırım vd., 2020; Erdoğan Yüksel ve Karan, 2024; Canturk vd., 2024).

Son yüzyılda dünya nüfusundaki artışla birlikte tarım arazilerinin yerleşime açılması, yanlış gübreleme ve sulama uygulamaları gibi faktörler toprak verimliliğini azaltmakta, bu da tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir (Sen vd., 2018; Gültekin, 2020). Ancak, tarımsal teknolojideki yenilikler, örneğin nanopartikül kullanımı ve topraksız tarım gibi uygulamalar, ürün verimliliğini artırmak için alternatifler sunmaktadır (Şevik vd., 2024; Isinkaralar vd., 2024).

Son yıllarda, bitki gelişimini desteklemek için hormon uygulamaları yaygınlaşmıştır. Bitki hormonları, bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerinde kritik rol oynar. Örneğin, sitokininler, giberellinler, brassinosteroidler ve etilen tohum çimlenmesi ve gelişiminde önemliyken, absisik asit bitkilerin strese tepkilerini düzenler. Gibberellik asit (GA), bitki büyümesi ve gelişiminde etkilidir ve tohum çimlenmesinde, yaprak genişlemesinde ve kök uzamasında süreçleri kontrol eder (Kireççi ve Yürekli, 2019). Çeşitli hormonların bitki gelişimi üzerindeki etkileri birçok çalışmada belgelenmiştir (Wang vd., 2019; Lin vd., 2019). Ancak, her bitki türü için hormon türleri ve dozunun etkileri değişkenlik göstermektedir (Abacıoğlu, 2019). Bu nedenle, her bitkide hangi hormonun hangi karakter üzerinde ne düzeyde etkili olduğunu belirlemek önemlidir. Bu çalışmada, 4 farklı hormonun (IAA, NAA, GA3 ve IBA) farklı doz uygulamalarının tıbbi ve aromatik özellikleri ile bilinen ekinezya fideliklerinin gelişimine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma, ekinezya tohumları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ekinezya, tarih boyunca tıbbi amaçlarla kullanılmış, bağışıklık sistemine katkıda bulunduğu, antioksidan ve antiviral etkileri olduğu gösterilmiştir (Özcan, 2014). Ayrıca, çeşitli hastalıklar üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Ganjuri vd., 2016). Amerikan yerli kültürlerinde de yaraların tedavisinde ve çeşitli sağlık sorunlarının giderilmesinde kullanıldığı bilinmektedir (Çalışkan ve Odabaş, 2011).

2.2. Hormon Uygulaması

Çalışmada, ekinezya tohumları üzerinde IAA, NAA, GA₃ ve IBA hormonlarının üçer dozu ile 12 uygulama gerçekleştirilmiş ve ayrıca kontrol grupları oluşturulmuştur. Böylece yoğun (1000 ppm ve üzeri) ve seyreltik (500 ppm ve altı) olmak üzere iki grup hormon uygulaması yapılmıştır.

2.2.1 Yoğun Hormon Uygulaması

Bu uygulamada IAA, NAA, GA₃ ve IBA hormonları 1.000, 2.500 ve 5.000 ppm konsantrasyonlarında uygulanmıştır. Kontrol grubu ile birlikte toplamda 13 uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar, hazırlanan tohumların, hormon çözeltilerine 3-5 saniye batırılarak bekletilmesi şeklinde uygulanmış ve sonra ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Seyreltik Hormon Uygulaması

Bu uygulamada ise IAA, NAA, GA₃ ve IBA hormonlarının 50, 100 ve 200 ppm konsantrasyonları uygulanmıştır. Bu uygulama, tohumların hormon çözeltilerinde 24 saat süreyle bekletilmesi şeklinde uygulanmış ve sonrasında ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubundaki uygulama ise tohumlar saf suda 24 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Toplamda 26 uygulama gerçekleştirilmiştir ve her uygulama 3 tekrür ile yapılmıştır.

2.3. Ekimlerin Yapılması

Çimlendirme için Klassman marka steril torf kullanılmıştır. Tohumlar hormon uygulamalarının ardından çimlendirme ortamına ekilmiştir.

Tohumlar, 2-3 mm kalınlığında çimlendirme torfu ile kapatıldıktan sonra sulama yapılmıştır. Ekim yapılan tüpler, direk güneş ışığı almayacak bir ortamda, 20-25°C sıcaklıkta çimlenmeye bırakılmış ve takip edilmiştir.

2.4. Ölçümlerin Yapılması

Çimlenme süresi sonunda çimlenen tohumların sayısı belirlenmiş, çimlenmeyen tohumlar kontrol edilmiştir. Çimlenen tohumların oranı yani çimlenme yüzdesi (ÇY) hesaplandıktan sonra, fideciklerin çeşitli ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler; Kök boyu (KökB), Kök boğazı çapı (KBÇ), Dalsız gövde boyu (DsızG), Gövde Çapı (GÇ), Toplam boy (TopB), Yaprak sayısı (YapS), Kat sayısı (KatS), En büyük yaprak boyu (EnBüYB), En büyük yaprak eni (EnBüYE), Yaprak sapı uzunluğudur (YapSU).

2.5. İstatistik Analizler

Veriler SPSS 22.0 yazılımı ile analiz edilmiştir. Varyans analizi sonucu istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p<0,05$) gösteren karakterler için Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar tablolaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Hormon Yoğunluğu

Ekinezya üzerindeki hormon uygulamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı düzeyde (en az $p<0,05$) olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Ekinezyada hormon uygulamaları sonuçları

KARAKatSER	HORMON YOĞUNLUĞU		F Değeri
	Yoğun	Seyreltik	
ÇY (%)	62,67 ^b	46,20 ^a	7,914 ^{**}
KökB (mm)	56,05 ^b	39,05 ^a	20,243 ^{***}
KBÇ (mm)	0,95	0,95	0,01 ^{ns}
DsızG (mm)	10,02	12,3	2,699 ^{ns}
GÇ (mm)	0,94	0,88	2,497 ^{ns}
TopB (mm)	84,35 ^b	67,56 ^a	16,21 ^{***}
YapS (adet)	2,23 ^b	2,00 ^a	6,011 [*]
KatS (adet)	1,11	1,00	3,101 ^{ns}
EnBüYB (mm)	8,52	8,41	0,037 ^{ns}
EnBüYE (mm)	5,69	5,16	1,299 ^{ns}
YapSU (mm)	9,11 ^b	6,49 ^a	8,472 ^{**}

Tablolarda harfler (a, b, c vb.) Duncan testi sonucunda değerlerin yer aldığı grupları göstermektedir. ns: $p>0,05$. *: $p<0,05$. **: $p<0,01$. ***: $p<0,001$

Tablo değerleri incelendiğinde, ekinezyada hormon uygulamaları ile ilişkili olarak 12 morfolojik karakterin istatistiksel olarak değişim gösterdiği, bu değişimin YapS (%95), ÇY, YapSU (%99), KökB ve TopB (%99,9) karakterlerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Diğer karakterlerde hormon uygulamaları bazında değişimlerinin istatistiksel olarak en az anlamlı olmadığı (%95 güven düzeyinde) belirlenmiştir. Anlamlı fark gösteren tüm karakterlerde yoğun hormon uygulamalarının sonuçlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

3.2. Hormon Çeşidi

Ekinezyada hormon çeşitlerinin karakterler üzerindeki etkisi ile ilgili yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Ekinezyada hormon çeşidinin etkisi

KARAKatSER	HORMON ÇEŞİDİ				F Değeri
	NAA	IAA	GA3	IBA	
ÇY (%)	46,2 ^a	71,1 ^b	33,0 ^a	33,0 ^a	12,352***
KökB (mm)	37,3 ^a	59,6 ^c	43,0 ^{ab}	51,9 ^{bc}	12,552***
KBÇ (mm)	0,9 ^{ab}	0,8 ^a	1,1 ^b	0,9 ^a	3,661*
DsızG (mm)	15,0 ^b	8,9 ^a	5,0 ^a	8,4 ^a	11,053***
GÇ (mm)	1,1 ^b	0,8 ^a	0,9 ^a	0,8 ^a	6,923***
TopB (mm)	67,6 ^a	87,5 ^b	73,8 ^{ab}	72,1 ^{ab}	7,577***
YapS (adet)	2,0 ^a	2,2 ^a	2,0 ^a	2,0 ^a	3,738*
KatS (adet)	1,0	1,1	1,0	1,0	1,872ns
EnBüYB (mm)	7,9 ^{ab}	9,2 ^b	6,8 ^a	7,3 ^{ab}	3,851*
EnBüYE (mm)	4,5 ^a	6,2 ^a	4,6 ^a	6,1 ^a	5,067**
YapSU (mm)	6,7 ^{ab}	9,7 ^b	7,3 ^{ab}	5,0 ^a	5,044**

Varyans analizine göre, incelenen 11 morfolojik karakterin KatS dışındaki tüm karakterlerinin hormon uygulamaları bazında %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. EnBüYB, YapS ve KBÇ karakterleri %95 güven düzeyinde, EnBüYE ve YapSU karakterleri ise %99 güven düzeyinde anlamlı değişim göstermiştir. Diğer karakterlerin hormon çeşitlerine bağlı değişimi %99,9 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Duncan testi ile elde edilen sonuçlar, kontrol grubunun çimlenme göstermemesi nedeniyle bu grubun bulunmadığını ortaya koymuştur. IAA uygulamasının genellikle son homojen gruplarda yer aldığı, IBA uygulaması

yapılan bireylerin ise KökB dışındaki tüm karakterlerde ilk homojen gruplarda yer aldığı tespit edilmiştir.

3.2. Hormon Çeşidi ve Dozu

Hormon çeşitleri ve dozlarının karakterler üzerindeki etkisinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Elde edilen veriler, tüm karakterlerin uygulama bazında %99,9 güven düzeyinde anlamlı değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Hormon çeşidi ve dozunun etkisi

Doz (ppm)	Hormon	ÇY	KökB	KBÇ	DsızG	GÇ	TopB
5000	NAA	33,0 ^a	16,9 ^a	0,9 ^{abc}	20,6 ^d	0,9 ^d	51,2 ^a
5000	IAA	86,4 ^c	63,1 ^d	0,8 ^a	10,5 ^c	0,9 ^{cd}	88,8 ^c
5000	GA3	33,0 ^a	43,0 ^{bc}	1,1 ^c	5,0 ^{ab}	1,1 ^e	73,8 ^b
1000	IAA	33,0 ^a	76,7 ^e	1,0 ^{bc}	3,0 ^a	0,8 ^{bcd}	117,6 ^d
1000	IBA	33,0 ^a	51,9 ^c	0,9 ^{ab}	8,4 ^{bc}	0,8 ^{bc}	72,1 ^b
100	NAA	33,0 ^a	41,4 ^b	1,1 ^c	16,9 ^d	1,0 ^e	74,0 ^b
100	IAA	33,0 ^a	25,2 ^a	0,8 ^a	6,8 ^{abc}	0,6 ^a	50,6 ^a
50	NAA	66,0 ^b	43,5 ^{bc}	0,8 ^a	10,3 ^c	0,7 ^b	69,5 ^b
F Değeri		66,645***	34,142***	4,998***	13,423***	14,971***	25,455***

Tablo 3. Hormon çeşidi ve dozunun etkisi (Devam)

Doz(ppm)	Hormon	YapS	KatS	EnBüYB	EnBüYE	YapSU
5000	NAA	2,0 ^a	1,0 ^a	5,1 ^a	1,3 ^a	7,8 ^c
5000	IAA	2,0 ^a	1,0 ^a	8,7 ^c	6,4 ^c	7,9 ^c
5000	GA3	2,0 ^a	1,0 ^a	6,8 ^b	4,6 ^b	7,3 ^{bc}
1000	IAA	3,0 ^b	2,0 ^b	13,7 ^e	6,9 ^c	21,8 ^d
1000	IBA	2,0 ^a	1,0 ^a	7,3 ^{bc}	6,1 ^{bc}	5,0 ^a
100	NAA	2,0 ^a	1,0 ^a	7,5 ^{bc}	4,7 ^b	7,0 ^{bc}
100	IAA	2,0 ^a	1,0 ^a	7,5 ^{bc}	4,3 ^b	6,5 ^{abc}
50	NAA	2,0 ^a	1,0 ^a	9,7 ^d	5,9 ^{ba}	5,9 ^{ab}
FDeğeri		7,041***	62,794***	19,031***	9,930***	96,929***

Yapılan 26 hormon uygulamasından yoğun hormon uygulamalarında yalnızca IBA dışındaki hormonların 5 000 ppm ile IAA ve IBA hormonlarının 1 000 ppm konsantrasyonlarındaki uygulamalarda, seyreltik hormon uygulamalarının ise sadece 100 ppm NAA ve IAA uygulaması ile 50 ppm

NAA uygulamalarında çimlenme sağlamıştır. 50 ppm NAA ile %66, 5 000 ppm IAA ile %86,4 oranında çimlenme elde edilmiştir. Diğer uygulamalarda çimlenme oranları %33 seviyesinde kalmıştır. KökB değerleri ise 5 000 ppm NAA ve 100 ppm IAA uygulamalarında en düşük, 1 000 ppm IAA ve 5 000 ppm IAA uygulamalarında ise en yüksek olarak kaydedilmiştir.

KBÇ değerleri 0,8 mm ile 1,1 mm arasında değişirken, DsızG değerleri 3,0 mm ile 20,6 mm arasında önemli farklılıklar göstermiştir. TopB değerleri ise 50,6 mm ile 117,6 mm arasında büyük bir fark göstermektedir. KatS ve YapS karakterleri arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

1 000 ppm IAA uygulamasının diğer karakterlerde de yüksek değerler verdiği görülmüştür. KökB ve TopB karakterleri gibi EnBüYB, YapSU ve EnBüYE karakterlerinde de en yüksek değerler 1 000 ppm IAA uygulaması ile elde edilmiştir. Örneğin, EnBüYB karakterindeki en düşük değer 5,1 mm iken, 1 000 ppm IAA ile 13,7 mm olarak ölçülmüştür.

Genel olarak, ekinezyada çimlenme yüzdesinin düşük olmasına karşın, 5 000 ppm IAA uygulaması ile %86,4 oranında çimlenme elde edilmiştir. 1 000 ppm IAA uygulaması birçok karakterde en yüksek değerleri sağlamıştır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında yoğun ve seyreltik hormon uygulamaları yapılmış, ayrıca kontrol grubu oluşturulmuştur. Kontrol grubunda çimlenme olmamıştır. Seyreltik hormon uygulamasında ortalama çimlenme yüzdesi %81,6 olarak hesaplanmıştır. Literatürde suda bekletme uygulamasının çimlenmeyi artırdığı belirtilmesine rağmen (Yücedağ ve Gültekin, 2008; Bostan ve Güler, 2019), bu çalışmada bekletme uygulamasının etkili olmadığı gözlemlenmiştir.

Hormon uygulamalarının diğer morfolojik karakterler üzerinde de etkisi belirlenmiştir. Örneğin, en düşük değeri 1 000 ppm IAA ile 3,0 mm olarak elde edilirken, en yüksek değeri 5 000 ppm NAA ile 20,6 mm olarak bulunmuştur. Literatürde hormonların bitki gelişimini etkilediği ile ilgili benzer sonuçlar mevcuttur (Abacıoğlu, 2019). Hormon uygulamalarının farklı karakterler üzerinde farklı düzeyde etkiler yarattığı ve her hormonun farklı türler üzerindeki etkisinin değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

Çalışmada hormon uygulamalarının ekinezya tohumlarında çimlenme hızına ek olarak bazı fidecik karakterlerine etkisi belirlenmiştir. Bitki büyüme düzenleyicileri (BBD) günümüzde özellikle tarımsal faaliyetlerde bitki

üretiminin pek çok aşamasında kullanılmaktadır. Bundan dolayı BBD'lerin bitki gelişimi etkisi konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Yücedağ vd., 2019; Gur vd., 2021). Ancak, bu çalışmaların çoğunluğu vejetatif üretim konusunda olup tohumlarda BBD uygulamasına yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır (Guney vd., 2016a; Abacıoğlu, 2019). Bu çalışma, BBD'lerin tohumlarda çimlenme yüzdesini önemli ölçüde etkilediği gibi fidelik karakterlerine de önemli düzeyde etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Bitkilerde büyüme performansları da dahil olmak üzere bütün fenotipik karakterler genetik yapıyla çevre koşullarının etkileşimi sonucunda şekillenmektedir (Sevik vd., 2012; Imren vd., 2021; Hrivnák vd., 2024; Erdogan Yuksel vd., 2024a,b). Aynı türde dahi her bir genetik yapı çevre koşullarına farklı tepkiler verebilmektedir (Sevik vd., 2016; Yucedag vd., 2019; Erdem vd., 2024). Bundan dolayı dış faktörler, özellikle iklim faktörleri bitkilerin büyüme performanslarını ve diğer fenotipik karakterlerini etkileyebilmektedir (Cantürk vd., 2024; Arıca vd., 2024). Bitkilerin hormon uygulamalarına verdiği tepkiler de bitki metabolizmasıyla ilişkilidir (Sevik vd., 2015; Guney vd., 2016b). Bu sebeple bitki metabolizmasını büyük ölçüde etkileyebilen ve bitkide strese sebep olabilen kuraklık (Koc, 2021; Koc ve Nzokou, 2022; Erturk vd., 2024a,b), don (Sevik ve Karaca, 2026), ağır metal kirliliği (Isinkaralar vd., 2023; Canturk vd., 2024; Yasar Ismail vd., 2024) nanopartikül kirliliği (Şevik vd., 2024; Isinkaralar vd., 2024), UV-B stresi ve radyasyon (Ozel vd., 2021a,b) gibi pek çok stress faktörüne ek olarak, bitki orijini (Özel vd., 2022; Yigit vd., 2023) ve genetik yapısı (Kurz vd., 2021) gibi pek çok faktör bitkilerin BBD uygulamalarına vereceği tepkileri etkilemesi olasıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalında Prof. Dr. Hakan ŞEVİK danışmanlığında Rusul Abdulatef Adulhussem ALTAMEMI tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abacıoğlu, E. (2019). *The Effect of Hormone Applications on Germination and Seedling Characters of Sage (Salvia officinalis L.) Seeds*. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources. MSc Thesis. 67 p.
- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts That May Appear in Climate Classifications in Bursa Due to Global Climate Change, *Forestist*, 74, 129-137. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.23074>
- Atar, F., Güney, D., Bayraktar, A., Yıldırım, N., & Turna, İ. (2020). Seasonal change of chlorophyll content (spad value) in some tree and shrub species. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 245-256.
- Bostan, S. Z., & Güler, S. K. (2019) Keçiboynuzunda (*Ceratonia siliqua* L.) farklı sülfürik asit ve suda bekletme uygulamalarına göre tohum çimlenme oranlarının değişimi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1), 58-63.
- Canturk, U., Koç, İ., Özel, H.B., Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190-6214. <https://doi.org/10.15376/biores.19.3.6190-6214>
- Çalışkan, Ö., & Odabaş, M. (2011). Ekinezya (*Echinacea* Sp.) Türleri, Genel Özellikleri Ve Yetiştiriciliği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 265-270.
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93.
- Erdoğan Yüksel, E., Karan, Ö. F., & Akay, A. E. (2024). Spatio-Temporal Analysis of Erosion Risk Assessment Using GIS-Based AHP Method:

- A Case Study of Doğançı Dam Watershed in Bursa (Türkiye). *Forests*, 15(7), 1135.
- Erdoğan Yüksel, E., Karan, Ö. F., Akay, A. E. & Bilici, E. (2024). Estimating Sediment Yield from a Road Network by Using a GIS-Based Sediment Prediction Model, 5th International Symposium of Forest Engineering and Technologies, pp. 280-288
- Erdoğan Yüksel, E. & Karan, Ö. F. (2024). Thornthwaite yöntemine göre iklim tiplerinin belirlenmesi: Bursa ili örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 151-168.
- Erturk, N., Arıcak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024a). Possible Change in Distribution Areas of *Abies* in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24 (1), 81-91.
- Erturk, N., Arıcak, B., Yiğit, N., & Sevik, H. (2024b). Potential changes in the suitable distribution areas of *Fagus orientalis* lipsky in kastamonu due to global climate change. *Forestist*, 74, 159-165. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.23024>.
- Ganjuri, M., Darakhshan, S., & Taghizad, F. (2016). A Review on Pharmacological and Therapeutic Properties of Echinacea. *IJP*, 3(10): 410-436
- Guney K., Cetin M., Sevik H., Guney K.B., (2016a). Influence of Germination Percentage and Morphological Properties of Some Hormones Practice on *Lilium martagon* L. Seeds. *Oxidation Communications*, 39 (1-II): 466-474
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., & Guney, K. B. (2016b). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology, Dr. Susana Araújo. *InTech*, 4, 97-112.
- Gültekin, Y. (2020). Variation Of Heavy Metal Concentrations in Some Cultivar Plants in The Ordu City Center. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources. MSc Thesis. 54 p.

- Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Guney, K., Sevik, H. (2021). The Effect of Hormone Treatments on Germination and Seedling Characters of Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(2), 62-69. <https://doi.org/10.47059/alinteri/V36I2/AJAS21115>
- Güney, D., Atar, F., Turna, I., & Günlü, A. (2022). Effects of precommercial thinning intensity on growth of *Fagus orientalis* Lipsky stands over 6 years. *Journal of Forestry Research*, 33, 937–947.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *Eur J Forest Res* 143, 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of Superior Clones by The Multi-Dimensional Decision Making Techniques in Scots Pine Seed Orchard. *Journal of Forests*, 8(1): 13-22
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04399-z>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Özel, H.B. & Sevik, H. (2024) A Comparative Study About Physical Properties of Copper Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles on *Fagus orientalis* L. as Bioindicator. *Water Air Soil Pollut*, 235, 738. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07551-1>
- Kireççi, O. A., & Yürekli, F. (2019). Ayçiçeği Bitkisi Yapraklarında Tuz Stresi, Nitrik Oksit ve Hormon Uygulamalarının Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 360-369.
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2022). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish journal of agriculture-food science and technology*, 10(12), 2421-2429.
- Koç, İ. (2021). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water

- regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Lin, M., Tang, Q., Li, J., & Sun, K. (2019). Effects of plant growth regulator type, concentration and soaking time on cutting propagation of *Pseudocalymma alliaceum*. *Journal of Southern Agriculture*, 50(6), 1278-1283.
- Ozel HB, Cetin M, Sevik H, Varol T, Isik B, Yaman B (2021a) The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
- Ozel, H.B., Abo Aisha, A.E.S., Cetin, M. Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2021b). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environ Monit Assess*, 193, 388. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09178-9>
- Özcan, İ. İ. (2014). *Farklı kültürel uygulamaların ekinezya türlerinin (Echinacea spp.) bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi, Doktora tezi*, Tarla Bitkileri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Özdikmenli, G., Yiğit, N., Özel, H. B., and Şevik, H. (2024). “Altitude-dependent Variations in Some Morphological and Anatomical Features of Anatolian Chestnut. *BioResources*, 19(3), 4635-4651.
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The Effect of Geographic Location and Seed Storage Time on the Content of Fatty Acids in Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of Silver Nanoparticles on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Seeds. *BioResources*, 19(2), 2135-2148.

- Sen, G., Gungor, E., & Sevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), 454.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. *Chapter*, 12, 231-248.
- Sevik, H., Güney, K., Topaçoğlu, O., & Ünal, C. (2015). The influences of rooting media and hormone applications on rooting percentage and some root characters in *Schefflera arboricola*. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 4(2), 25-29.
- Sevik, H., Çetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., & Karaca, U. (2016). Determining the resistances of some plant species to frost stress through ion leakage method. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(8), 2745-2750.
- Şevik, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024). Phytoremediation and Long-term Metal Uptake Monitoring of Silver, Selenium, Antimony, and Thallium by Black Pine (*Pinus nigra* Arnold)”, *BioResources*, 19(3), 4824-4837.
- Wang, C., Ding, C., Wu, Q., & Xiong, X. (2019). Molecularly Imprinted Polymers with Dual Template and Bifunctional Monomers for Selective and Simultaneous Solid-Phase Extraction and Gas Chromatographic Determination of Four Plant Growth Regulators in Plant-Derived Tissues and Foods. *Food Analytical Methods*, 12(5), 1160-1169.
- Yasar Ismail, T., Ismail, M.D., Çobanoğlu, H., Koç, İ, Sevik, H. (2024). Monitoring Arsenic Concentrations in Airborne Particulates of Selected Landscape Plants and Their Potential for Pollution Mitigation, *Forestist* (In Press)

- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M., & Turna, I. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(3), 300-308.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H., Özel, H. B., Ramadan Kshkush, F. E., & Işık, B. (2023). Clonal Variation Based on Some Morphological and Micromorphological Characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Seed Orchard. *BioResources*, 18(3), 4850-4865
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(5), 285.
- Yücedağ, C., & Gültekin, H.C., Pırlak, İ. T. (2010). Sera ve açık alanda sumak (*Rhus coriaria* L.) Tohumları Çimlenmesi Üzerine Ekim Zamanı Ve Örtülemenin Etkileri. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 11(1), 9-15.

BÖLÜM VIII

YÜKSEK SICAKLIK STRESİNE BİTKİLERİN TEPKİLERİ VE ADAPTASYON MEKANİZMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK¹

Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ²

Doç. Dr. Ayşenur KAYABAŞ AVŞAR³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514711>

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye.

nuraycicek3b@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-5044-5276

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bitki Materyali Anabilim Dalı, Burdur, Türkiye.

yucedag@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-5360-4241

³Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çankırı, Türkiye.

aysenurkayabas@karatekin.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-3555-4399

1. GİRİŞ

Çevre, canlı ve cansız varlıklar arasındaki karmaşık ilişkiler ağıyla şekillenir ve bitkilerin büyümesi ile coğrafi yayılımı üzerinde önemli bir rol oynar. Çevresel koşulların ideal düzeylerin altında olması, bitki gelişimini ve dağılımını kısıtlayıcı bir etki oluşturabilir. Olumsuz çevre koşulları, bitkilere doğrudan zarar verebileceği gibi, onların dirençlerini azaltarak hastalık ve zararlılara karşı daha savunmasız hale gelmelerine de neden olabilir. Bitki gelişimini etkileyen başlıca çevresel faktörler arasında ışık, sıcaklık, su, nem ve besin elementleri bulunmaktadır (Xie vd., 2019; Başaran ve Akçin, 2022). Özellikle kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklık, kimyasal toksinler ve oksidatif stres gibi abiyotik stres faktörleri, tarımsal üretim süreçlerini olumsuz etkileyerek çevresel bozulmalara yol açmaktadır. Abiyotik stres, dünya genelinde bitkisel verim kaybının başlıca nedeni olup en yaygın kültür bitkilerinin ortalama verimliliğini %50'den fazla düşürmektedir (Wang vd., 2004; Korkmaz ve Durmaz, 2017; Çiçek ve Yücedağ, 2023).

Abiyotik çevresel etmenlerin hangi dozda ya da boyutta stres olarak adlandırılabilceği bitkilerde türden türe değişiklik gösterir (Korkmaz ve Durmaz, 2017). Ekolojik anlamda stres yaşam alanı içinde bitkilerin metabolik iç dengelerini değiştiren, bozan veya hasar veren herhangi bir olumsuz değişiklik olarak tanımlanabilir (Shulaeva vd., 2008). Bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere verdikleri yanıtlar ve bu streslerin bitki gelişim döngüsündeki evrimsel süreçler üzerindeki etkileriyle ilgili toplanan veriler, konuya dair yeni yaklaşımların gelişmesine zemin hazırlamıştır (Wasternack, 2007; Korkmaz ve Durmaz, 2017; Korkmaz ve Çiçek, 2024).

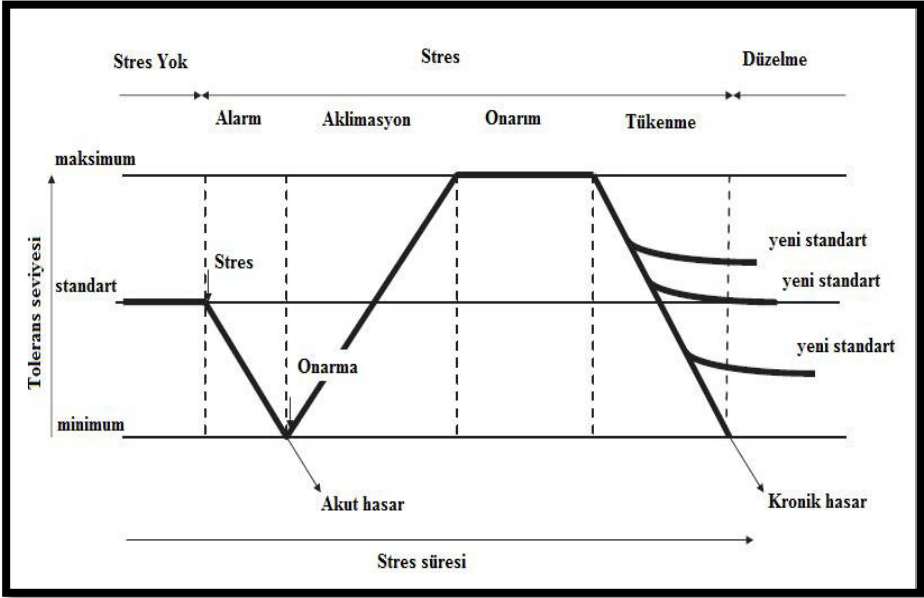
Bitkilerin, çevresel faktörlerin en uygun sınırlarının ötesinde koşullara nasıl yanıt verdiğini anlamaya yönelik çalışmalar, bitki fizyolojisinin önemli bir araştırma konusudur. Bitkilerin stres fizyolojilerinin incelenmesi ile biyocoğrafik yayılım sınırlarının belirlenmesi, tarımsal verimliliğin artırılması ve bitki metabolizmasıyla ilgili bilgi birikimine önemli katkılar sağlar.

Stres, doğal olarak bitkiler üzerinde biyolojik gerilimlere yol açar. Söz konusu biyolojik gerilim, bitkinin metabolizmasındaki ve morfolojisindeki değişiklikler ile büyüme hızındaki azalma olarak tanımlanır. Bitki, çevresel faktörlere karşı en yüksek düzeyde tepki verebiliyorsa, çevresel etmenler tarafından stres etkisi altına alınmamış kabul edilir. Aksine, çevresel faktörlerdeki uygun değerlerin dışına çıkan değişiklikler, bitkinin yanıt verme

kapasitesinde bir değişime yol açarsa, bu durum stres olarak değerlendirilir (Salisbury ve Ross, 1992, Yücedağ vd., 2021). Abiyotik stres, çevresel faktörlerin birleşik etkisiyle ortaya çıkan ve kuraklık, tuzluluk, ağır metaller ve oksijen yetersizliği, güçlü ışık, ultraviyole ışınımı, aşırı yüksek veya düşük sıcaklık, donma, gibi faktörleri içeren bir durumdur. Diğer taraftan abiyotik strese karşı bitkilerin verdikleri tepkileri anlamak zor ve önemlidir (Hirayama ve Shinoza, 2010).

Bitkilerde abiyotik streslere karşı tolerans gelişimi, organizma ve hücresele düzeyde oldukça karmaşık bir süreçtir (Ashraf ve Foolad, 2007). Çünkü bitkilerde stres faktörlerinin şiddeti ve bu faktörlere karşı geliştirilen yanıtlar, bitki yaşamının farklı aşamalarında ve birbiriyle etkileşimde olan çeşitli faktörler ve yanıtlar olarak kendini gösterir. Örneğin, sıcaklık stresi ve kuraklık stresi bazı durumlarda birbirine benzer etkilere yol açabilir ve bu nedenle birbiriyle karışabilir. Bunun nedeni, her iki stres türünün de bitkilerde su dengesini ve hücresele fonksiyonları etkilemesidir (Çiçek ve Çavuşoğlu, 2024). Bu nedenle, abiyotik stres faktörlerini ve bitkilerin bu faktörlere verdikleri yanıtları daha iyi anlayabilmek için bu süreçleri kategorize ederek açıklamak önemlidir. Bu bağlamda Kosová vd. (2011) tarafından bitkilerin abiyotik stres karşısında verdikleri tepkiler dört aşamada özetlenmiştir (Şekil 1).

- 1- Başlangıç alarm aşaması,
- 2- Aklimasyon aşaması,
- 3- Onarım aşaması,
- 4- Tükenme aşaması.



Şekil 1. Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı yanıtlarının genel dinamik yapıları (Kosová vd., 2011)

İklim değişikliği sonucu artan sıcaklıklar, dünya genelinde bitkisel üretim için önemli bir tehdit eden abiyotik bir streştir (Wang vd., 2018, Doğru, 2021). Sıcaklıkların her on yılda 0,2 °C artarak 2100 yılına kadar 1,8-4,0 °C arasında yükselmesi beklenmektedir (Sehgal vd., 2016). Yüksek sıcaklık stresi, bitki büyüme ve gelişiminde geri dönüşümsüz zararlara yol açabilecek süre boyunca belirli bir eşik değerin üzerindeki sıcaklık koşullarının devam etmesi olarak tanımlanmaktadır (Wahid vd., 2007). Artan nüfusun gıda talebi ve küresel ısınmayla birlikte meydana gelen tarımsal verim kayıpları tüm ülkeler için endişe vericidir (Abdelrahman vd., 2017; Bulut ve Aytas, 2023, Çiçek ve Çavuşoğlu, 2024). Bu bağlamda, bitkilerin yüksek sıcaklık karşısında geliştirdiği fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler yanıtların incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

2. SICAKLIK STRESİ

Diğer stres faktörleri gibi yüksek sıcaklık da dünyanın birçok bölgesinde bitkisel üretimi sınırlayarak tehdit etmektedir (Wang vd. 2003). Yüksek sıcaklık stresinin de içinde bulunduğu abiyotik stres koşulları

dünyadaki bitkisel ürün kaybının en önemli faktörüdür (Paulsen, 1994; Ishag ve Mohamed, 1996; Bray, 2000; Wang vd., 2000; Yıldız ve Terzi, 2007; Çiçek ve Çavuşoğlu, 2024). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kurak yüzey sıcaklığı 50 °C'nin üzerine çıktığında bitki popülasyonunda azalmalar gözlemlenir (Setimela vd., 2005; Yıldız ve Terzi, 2007). Yüksek sıcaklıklar, bitki gelişiminin farklı aşamalarını olumsuz etkileyerek inhibisyona neden olmaktadır (Ishag ve Mohamed, 1996). Bir genotipin yüksek sıcaklık koşullarında hayatta kalma kapasitesi; bitki türü veya çeşidi, gelişim evresi, hücre tiplerinin termal hassasiyeti, sıcaklık stresinin şiddeti ve maruz kalma süresi gibi faktörlere bağlıdır (Bray, 2000; Yıldız ve Terzi, 2007; Çiçek ve Çavuşoğlu, 2024).

Bitki türleri ve çeşitleri, artan sıcaklık koşullarına verdikleri farklı tepkilerle birbirinden ayrılmaktadır (Batts vd., 1998). Bu genotipik farklılıklar, çevresel streslere dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi açısından ıslah çalışmalarında büyük öneme sahiptir (Akkaya, 1994; Yıldız ve Terzi, 2007).

Sıcaklık, bitki büyüme ve gelişimini belirleyen temel çevresel faktörlerden biridir. Çimlenme, çiçeklenme, fotosentez, terleme, solunum, gibi hayati fizyolojik süreçler doğrudan sıcaklık koşullarından etkilenir. Genel olarak, belirli bir aralıkta sıcaklık artışı bu süreçlerin hızını artırabilir; ancak bu durumun optimum seviyeyi aşması, fizyolojik mekanizmalarda bozulmalara sebep olur. Ayrıca sıcaklık, bitkilerin vejetatif büyümeden generatif gelişime geçiş sürecini de büyük ölçüde düzenler. Tozlaşma, tüm bitki türlerinde yüksek sıcaklıklara karşı en duyarlı fenolojik evrelerden biri olarak öne çıkar ve bu dönemde aşırı sıcaklıklar, üreme başarısını ve dolayısıyla bitkisel üretimi olumsuz olarak etkiler (Hatfield ve Prueger, 2015; Başaran ve Akçin, 2022).

Çoğu bitki, büyüme ve gelişme süreçlerini sürdürebilmek için 5-36°C arasında değişen sıcaklıklara ihtiyaç duyar. Bununla birlikte, bu genel sınırların dışında kalan ve aşırı sıcaklık koşullarına adapte olmuş birçok bitki türü ve çeşidi bulunmaktadır. Örneğin, kuzey kutbunda yaşayan bazı bitkiler 0-2°C gibi düşük sıcaklıklarda gelişim gösterebilirken, güney kutbunda bulunan bazı bitkiler ise 60-65°C gibi yüksek sıcaklıklarda büyüme ve gelişimlerini normal şekilde sürdürebilmektedir. Bu durum, bitkilerin çevresel koşullara uyum sağlayabilme yeteneklerinin geniş bir yelpazede çeşitlendiğini ortaya koymaktadır (Yücel, 2013).

3. BİTKİLERDE SICAKLIK STRESİNE BAĞLI OLARAK GELİŞEN TEPKİLER

Yüksek sıcaklıkların, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda bitkisel üretimde kayıplara ve potansiyel olarak üreticilere büyük sorunlara yol açabileceği öngörülmektedir (Bita ve Gerats, 2013). Bu etkilerin değerlendirilmesinde mevsimsel sıcaklık değişimleri, gündüz-gece sıcaklık dalgalanmaları, coğrafi farklılıklar ve sıcaklıkların genel seyri gibi parametreler kritik öneme sahiptir. Her bitki türü, optimum sıcaklık aralığından uzaklaştıkça büyüme performansında düşüş yaşar (Wheeler vd., 2000; Başaran ve Akçin, 2022).

Sıcaklık artışlarının, bitkilerde yaprak gelişimi, çiçeklenme, hasat ve meyve üretimi gibi fenolojik süreçlerde değişimlere yol açtığı, ayrıca vernalizasyon süresinin kısılmasına ve çiçeklenme ile tozlayıcı faaliyetleri arasında uyumsuzluklara neden olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklar hem hasat öncesi hem de sonrası dönemde ciddi zararlar yaratabilir. Bu etkiler arasında yaprak ve dalların yanması, yapraklarda, dallarda ve gövdede güneş yanıkları oluşumu, yaprakların yaşlanması ve dökülmesi, sürgün ve kök gelişiminin kısıtlanması, meyve renginde bozulma ve fiziksel hasarlar, ayrıca genel verim düşüşü sayılabilir (Baldochi ve Wong, 2008; Başaran ve Akçin, 2022).

İlkbahar sıcaklıklarındaki artışların, bitkilerde erken çiçeklenmeyi tetiklediği ve bunun polen çimlenmesinde, çiçeklenme süresinde ve ovül boyutunda azalmalarla sonuçlandığı tespit edilmiştir. Bu durum, özellikle çok yıllık bitkilerde daha küçük, şekil bozukluğu gösteren ve sayıca daha az meyve oluşumuna neden olarak meyve veriminde düşümlere yol açmaktadır. Ayrıca, çiçeklenme aşamasında yaşanan yalnızca birkaç günlük aşırı sıcaklık, birçok bitkide verimi kayda değer ölçüde azaltabilmektedir (Wheeler vd., 2000).

Yüksek sıcaklığın tavşankulağı bitkisinin (*Cyclamen persicum* Mill.) (Boztok, 2002), orkide bitkisinin (*Phalaenopsis* sp. L.) (Uzunoğlu vd., 2015), leylak bitkisinin (*Syringa* sp.) (Schwartz ve Reiter, 2000) ve hanımeli bitkisinin (*Lonicera* sp.) (Cayan vd., 2001) erken çiçeklenmesine fakat estetik ve kalite bakımından olumsuz etkilenmesine sebep olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde yüksek sıcaklığın Kabay ve Şensoy (2017) tarafından fasulye bitkisinin, Hatfield ve Prueger (2015) tarafından ise buğday, pamuk, mısır,

soya fasulyesi, badem, çilek, üzüm ve bazı çekirdekli meyvelerin verimini düşürdüğü bildirilmiştir. Giri vd. (2017) tarafından yüksek sıcaklığın bitki fiziolojisi üzerindeki etkileri incelendiğinde köklerin gövdeye kıyasla sıcaklık değişimlerinden daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir.

Sıcaklık stresine maruz kalan bitkilerde, mineral besin maddelerinin taşınımı ve depolanması önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle yüksek sıcaklıkların kısa süreli etkilerinde bile bitki köklerindeki toplam protein konsantrasyonunu ve bitki besin maddesi alımı ile asimilasyon süreçlerinde rol oynayan proteinlerin seviyelerini azalttığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda yüksek sıcaklıkların kök ve besin maddeleri alımı arasındaki etkileşimi bozarak bitkisel üretimin verimliliğini ve besin kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği de gözlemlenmiştir (Giri vd., 2017; Kabay, 2018; Yavaş vd., 2020; Ersoy, 2021; Başaran ve Akçin, 2022).

Yüksek sıcaklığa bağlı olarak oluşan toprak sıcaklığındaki artış, sadece topraktaki kimyasal reaksiyonları, su içeriğini ve besin maddelerinin taşınımını etkilemekle kalmayıp iyon alımı, kök gelişimi ve toprak mikrobiyal topluluklarının kompozisyonu ile işlevlerini de önemli ölçüde etkiler. Bu bağlamda toprakta meydana gelen ve bitki beslenmesi ile organik karbon depolanmasından birincil minerallerin ayrışmasına kadar uzanan birçok süreç, toprak sıcaklığından doğrudan etkilenmektedir (Pregitzer ve King, 2005; Bal, 2009; Öncü, 2021; Başaran ve Akçin, 2022). Giri vd. (2017) tarafından yüksek sıcaklık stresinin domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkisine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, kök ve gövdedeki azot (%N) ve karbon (%C) içeriğinde belirgin azalmalar kaydedilmiştir. Hussain vd. (2019), mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) yüksek sıcaklık stresinin azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) alımında diğer elementlere göre daha ciddi zararlar oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Yine bu çalışmada, kök bölgesindeki N ve K, gövdedeki P ve K ile yapraktaki K konsantrasyonlarına yüksek sıcaklık stresinin etkili olduğu ve belirgin şekilde azaldıkları tespit edilmiştir.

Yüksek sıcaklık stresi, bitkilerde özellikle fotosentetik reaksiyonları olumsuz yönde etkiler. Fotosentetik sistemin, yüksek sıcaklık stresine karşı en hassas kısmı, fotosistem II bileşenlerinin yer aldığı tilakoid membranlardır. Bu nedenle yüksek sıcaklık, öncelikli olarak fotokimyasal reaksiyonları ve karbon metabolizmasında görev alan enzimleri hedef alarak işlevlerini bozar. Bu bağlamda enerji kaybı artar; fotorespirasyon süreci hızlanırken,

karbondioksit asimilasyonu sırasında üretilen enerjiden daha fazlası tüketilir. Ancak bazı bitki türleri, aklimasyon mekanizmaları sayesinde, yüksek sıcaklık koşullarına hızlı bir şekilde uyum sağlayarak adaptif düzenlemeler yapabilir (Salisbury ve Ross, 1992; Korkmaz ve Durmaz, 2017).

4. BİTKİLERİN YÜKSEK SICAKLIK STRESİNE TEPKİLERİ VE ADAPTASYON MEKANİZMALARI

Bitkiler, biyotik ya da abiyotik stres koşullarına karşı çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirmiştir (Mustafa vd., 2022; Çiçek ve Yücedağ, 2023). Yüksek sıcaklık stresine dayanıklı bitkilerde belirlenen önemli adaptasyonlardan biri kurakçıl bitkilerde olduğu gibi, yüksek düzeyde hidrasyon suyunun korunması ve protoplazmanın viskozitesinin artmasıdır. Bu özellikler hücresel yapıların sıcaklık etkisiyle bozulmasını önlemeye yardımcı olur. Ayrıca bu bitkiler yüksek sıcaklıklara uyum sağladıklarında, fotosentez kapasitesini artırarak metabolik sentez hızını yıkım hızına eşitleyebilir. Böylece, amonyak gibi toksik bileşiklerin birikimi engellenerek metabolik zehirlenmelerin önüne geçilir (Korkmaz ve Durmaz, 2017; Yer, 2017).

Bazı organizmalar, yüksek sıcaklık stresine karşı ısı şoku proteinleri (HSP, Heat-Shock Proteins) olarak adlandırılan özel proteinlerin sentezini artırarak yanıt verir. Isı şoku proteinleri, proteinlerin doğru katlanması, bir araya getirilmesi, hücre içinde taşınması (translokasyon) ve gerektiğinde parçalanması gibi çeşitli hücresel işlevlerde kritik rol oynar. Ayrıca proteinlerin ve hücre zarlarının yapısal stabilitesini koruyarak stres koşullarında bozulmuş proteinleri yeniden düzenler. Bu proteinler, sıcaklık stresi altında normal protein yapılarının yeniden oluşumunu destekler ve hücresel dengenin (homeostazın) yeniden sağlanmasına yardımcı olur. Bu nedenle bitkileri stresin olumsuz etkilerinden korumada hayati bir rol oynarlar (Wang vd., 2004; Korkmaz ve Durmaz, 2017; Yer, 2017).

Diğer taraftan HSP'nin üretimi sırasında, hücredeki çeşitli proteinlerin sentezi baskılanmaktadır. HSP'nin moleküler ağırlıkları 15-70 kda arasında değişmekle birlikte bitkiler ve diğer organizma grupları arasında farklılık gösterebilir. Araştırmalar, HSP'nin bitkilerde oldukça hızlı bir şekilde üretildiğini ortaya koymuştur. Örneğin, bir bitkide sıcaklığın 28°C'den 41°C'ye ani artışı durumunda hücredeki toplam proteinlerin önemli bir

kısmını 20 dk içinde HSP'nin oluşturduğu ve bu sentezin 3-4 saat boyunca sürdüğü tespit edilmiştir. Ancak 8 saat sonunda HSP seviyelerinin başlangıç seviyelerine döndüğü gözlenmiştir. HSP'nin üretimi doğrudan sıcaklık artışıyla orantılıdır (Korkmaz ve Durmaz, 2017; Yer, 2017).

Yüksek sıcaklık stresine dayanıklı bitkilerde gözlemlenen önemli bir adaptasyon mekanizması, kserofit bitkilerde (kurakçıl bitki, çok az su içeren topraklarda yaşamaya uyum sağlamış) olduğu gibi, yüksek düzeyde hidrasyon suyu miktarı ve artmış protoplazmik viskozitedir. Ayrıca, bu bitkiler yüksek sıcaklıklara adaptasyon sağladıklarında, yüksek fotosentez kapasitesine sahip olurlar. Bu özellikleri sayesinde, sentez oranını yıkım oranına dengeleyerek, metabolik süreçler sırasında biriken amonyak gibi toksik maddelerin zararlı etkilerinden korunabilirler (Korkmaz ve Durmaz, 2017).

5. SONUÇLAR

Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine verdiği yanıtlar ve geliştirdiği adaptasyon mekanizmaları, bitkisel üretimin devamlılığı ve tarımsal verimlilik açısından kritik öneme sahiptir. Artan küresel sıcaklıklarla birlikte abiyotik stres faktörlerinin bitkiler ve fizyolojisi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması, ıslah çalışmaları ve sürdürülebilir bitkisel üretim için temel teşkil etmektedir. HSP gibi özel moleküler mekanizmaların yanı sıra hidrasyonun korunması ve fotosentez kapasitesinin artırılması gibi fizyolojik adaptasyonlar, bitkilerin yüksek sıcaklık stresine karşı dirençlerini artırmaktadır. Bu adaptasyon mekanizmalarının detaylı bir şekilde incelenmesi hem temel bilimler hem de uygulamalı araştırmalar açısından değerli bilgiler sunmakta ve iklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, sıcaklık stresine toleranslı bitkilerin belirlenmesi ve bu özelliklerin genetik olarak diğer türlere aktarılması, tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdelrahman, M., El-Sayed, M., Jogaiah, S., Burritt, D. J., & Tran, L. S. P. (2017). The “STAY-GREEN” trait and phytohormone signaling networks in plants under heat stress. *Plant Cell Reports*, 36, 1009-1025.
- Akkaya, A. (1994). Buğday yetiştiriciliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, s. 225.
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216.
- Bal, E. (2009). *Hasat sonrası potasyum permanganat, UV-C, salisilik asit ve sıcaklık uygulamalarının kivi kalitesi ve muhafaza süresi üzerine etkileri. (Doktora Tezi)*. Namık Kemal Üniversitesi.
- Baldocchi, D., & Wong, S. (2008). Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. *Climatic Change*, 87, 153-166.
- Başaran, F., & Akçin, Z. T. A. (2022). Sıcaklık faktörünün bitkiler üzerindeki etkileri ve yüksek sıcaklık stresi. *Bahçe*, 51(2), 139-147.
- Batts, G. R., Ellis, R. H., Morison, J. I. L., Nkemka, P. N., Gregory, P. J., & Hadley, P. (1998). Yield and partitioning in crops of contrasting cultivars of winter wheat in response to CO₂ and temperature in field studies using temperature gradient tunnels. *The Journal of Agricultural Science*, 130(1), 17-27.
- Bitá, C. E., & Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Science*, 4, 273. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00273>
- Boztok, Ş. (2002). Siklamen (*Cyclamen persicum*)’de çiçeklenme üzerine giberelik asitin etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1-8.
- Bray, E. A. (2000). Responses to abiotic stresses. In: Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 1158-1203.
- Bulut, S., & Aytaş, İ. (2023). Modeling potential distribution and above-ground biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in the Inner

- Anatolian Region, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(12), 1471.
- Cayan, D. R., Kammerdiener, S. A., Dettinger, M. D., Caprio, J. M., & Peterson, D. H. (2001). Changes in the onset of spring in the western United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(3), 399-416.
- Çiçek, N., & Çavuşoğlu. (2024). İklim Değişikliğinin Süs Bitkileri Yetiştiriciliğine Etkisi. Editörler: Gül, E., & Dölaslan, M. *İklim Değişikliği ve Etkileri: Bütünsel Bir Yaklaşım*. (196-210), BİDGE Yayınları.
- Çiçek, N., & Yücedağ, C. (2023). Vermicompost alleviates the growth, quality, photosynthetic and biochemical traits of *Verbena officinalis* under salt stress. *Biologia*, 78(11), 3031-3038.
- Doğru, A. (2021). Hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinin yüksek sıcaklık stresine verdiği antioksidant cevaplar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 42-48.
- Ersoy, L. (2021). *Biberde yüksek sıcaklık stresi altında potasyum sülfatın kökten ve yapraktan uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. (Yüksek Lisans Tezi)*. Şırnak Üniversitesi.
- Giri, A., Heckathorn, S., Mishra, S., & Krause, C. (2017). Heat stress decreases levels of nutrient-uptake and-assimilation proteins in tomato roots. *Plants*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.3390/plants6010006>
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4-10.
- Hirayama, T., & Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*, 61(6), 1041-1052.
- Hussain, H. A., Men, S., Hussain, S., Chen, Y., Ali, S., Zhang, S., ... & Wang, L. (2019). Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Sci Rep*, 9, 3890.
- Ishag, H. M., & Mohamed, B. A. (1996). Phasic development of spring wheat and stability of yield and its components in hot environments. *Field Crops Research*, 46(1-3), 169-176.

- Kabay, T. (2018). Potasyum uygulamalarının yüksek sıcaklığa hassas fasulye genotiplerinde klorofil iyon ve enzim aktivite değişimlerine etkileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(3), 311-316.
- Kabay, T., & Şensoy, S. (2017). Yüksek sıcaklığın fasulyede enzim, klorofil ve iyon değişimine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(4), 429-437.
- Korkmaz, E., & Çiçek, N. (2024). Investigation of the alleviating effect of liquid seaweed fertilizer on *Lavandula officinalis* under salt stress. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(2), 187.
- Korkmaz, H., & Durmaz, A. (2017). Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 192-207.
- Kosová, K., Vitámvás, P., Prášil, I. T., & Renaut, J. (2011). Plant proteome changes under abiotic stress-contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of Proteomics*, 74(8), 1301-1322.
- Mustafa, A. M. A. M., Çiçek, N., Yücedağ, C., & Simsek, S. A. (2022). Determination of the alleviating effect of liquid vermicompost on germination and seedling development of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) under salt stress. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 61-70.
- Öncü, B. (2021). *Kısıntılı sulama koşullarında yetiştirilen gemlik zeytin fidanlarının agronomik ve fizyolojik özellikleri ile yüksek sıcaklık toleranslarının belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi)*. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Paulsen, G. M. (1994). High temperature responses of crop plants. Editor(s): K. J. Boote, J. M. Bennett, T. R. Sinclair, G. M. Paulsen, *Physiology and Determination of Crop Yield*, (365-389) ASA, CSSA, and SSSA Books.
- Pregitzer, K.S., King, J.S. (2005). Effects of soil temperature on nutrient uptake. In *Nutrient acquisition by plants*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 277-310.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. 4.ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, 682p.

- Schwartz, M. D., & Reiter, B. E. (2000). Changes in north American spring. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(8), 929-932.
- Sehgal, A., Sita, K., & Nayyar, H. (2016). Heat stress in plants: sensing and defense mechanisms. *The Journal of Plant Science Research*, 32(2), 195.
- Setimela, P. S., Andrews, D. J., Partridge, J., & Eskridge, K. M. (2005). Screening sorghum seedlings for heat tolerance using a laboratory method. *European Journal of Agronomy*, 23(2), 103-107.
- Shulaev, V., Cortes, D., Miller, G., & Mittler, R. (2008). Metabolomics for plant stress response. *Physiologia Plantarum*, 132(2), 199-208.
- Uzunoğlu, F. Bayazit, S. & Mavi, K. (2015). Küresel iklim değişikliğinin süs bitkileri yetiştiriciliğine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2):66-75.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61(3), 199-223.
- Wang, Q. L., Chen, J. H., He, N. Y., & Guo, F. Q. (2018). Metabolic reprogramming in chloroplasts under heat stress in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 849.
- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2000, July). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. In *IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding 560* (pp. 285-292).
- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O., & Altman, A. (2004). Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. *Trends in plant science*, 9(5), 244-252.
- Wasternack, C. (2007). Jasmonates: An update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany*, 100(4), 681-697.

- Wheeler, T. R., Craufurd, P. Q., Ellis, R. H., Porter, J. R., & Prasad, P. V. (2000). Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 159-167.
- Xie, X., He, Z., Chen, N., Tang, Z., Wang, Q., & Cai, Y. (2019). The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *BioMed Research International*, 2019(1), 9732325.
- Yavaş, İ., Çınar, V. M., & Ünay, A. (2020). Bitkilerde abiyotik stres koşullarında selenyum metabolizması ve fizyolojik etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 840-849.
- Yer, N. E. (2017). *Isı şoku protein genlerinin (HSP) bazı Populus taksonlarında fonksiyonel genom analizi ve abiyotik stres koşullarında HSP genlerinin ifade seviyelerinin belirlenmesi. (Doktora Tezi). Kastamonu Üniversitesi.*
- Yıldız, M., & Terzi, H. (2007). Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine toleransının hücre canlılığı ve fotosentetik pigmentasyon testleri ile belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 47-60.
- Yücedag, C., Çiçek, N., & Gailing, O. (2021). Local adaptation at a small geographic scale observed in *Juniperus excelsa* populations in southern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 14(6), 531-539.
- Yücel, E. (2013). Genel Ekoloji. Cetemenler Dijital Baskı, 210 s., Eskişehir.

BÖLÜM IX

FARKLI MİKROBİYAL GÜBRE DOZLARININ ÇİM KARIŞIMININ KURAKLIĞA TOLERANSI ÜZERİNE ETKİSİ

Ceyda KOCAMAZ¹

Prof. Dr. Alpaslan KUŞVURAN²

Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514728>

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım ve Yaşam Bilimleri Ana Bilim Dalı, Çankırı, Türkiye. ceyda.ozgun@windowslive.com, Orcid ID: 0009-0001-5637-2060

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Çankırı, Türkiye. akusvuran@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-5252-6261

³ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Çankırı, Türkiye. skusvuran@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-1270-6962

1. GİRİŞ

Kuraklık, tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli abiotik stres faktörleri arasında yer almaktadır. Dünya üzerinde bulunan kara parçalarının yaklaşık %45'lik kısmını kurak alanlar oluşturmakta ve bu alanlarda dünya nüfusunun %34'lük kısmının bulunduğu 2 milyardan fazla insan yaşamaktadır. Bununla birlikte dünya üzerindeki kurak alanların %90'lık kısmı gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir (FAO, 2019).

Türkiye yarı kurak iklim şartlarının etkisi altında olup %37,3'ünde yarı kurak iklim şartları hüküm sürmektedir. Bu nedenle hem yetersiz su kaynakaları hem de genelde yağışa bağımlı olan kuru tarım nedeniyle yağışın miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler ciddi bir şekilde etkilerini hissettirebilmektedir (MGM, 2014).

Kuraklık stresi bitkiler üzerinde; moleküler, biyokimyasal, fizyolojik, morfolojik ve ekolojik olarak etkide bulunur (Kaur ve Asthir, 2017; Raza vd., 2019). Bitkiler susuzluktan kaynaklanan strese karşı bir direnç oluşturmak ve kaybettikleri su miktarını kontrol altında tutabilmek için; stomatal açıklıklarını yani stoma iletkenliklerini düzenler ve fotosentetik inhibisyonun kaçınmak için CO₂ asimilasyonunu optimize ederler (Torres-Ruiz vd., 2013; Nadal ve Flexas 2018). Ayrıca bitkiler, kuraklık stresinin neden olduğu olumsuzlukları bertaraf etmek amacıyla daha düşük ozmotik potansiyel için ozmotik regülasyonu kullanırlar. Ozmotik regülasyon turgor basıncını koruyarak, stomatal iletkenliğin devamlılığı ve kısıtlı suyun olumsuz etkisinin sınırlandırılmasına katkı sağlayabilir. Bitkiler kuraklık nedeniyle strese girdiklerinde ozmotik dengelerini; hücre içi su konsantrasyonunu azaltarak, hücre hacmini düşürerek ve hücresel içeriği artırarak düzenleme yoluna giderler (Osakabe vd., 2014; Bijalwan vd., 2022).

Yapılan birçok çalışma, kurak koşulların farklı bitki türlerinde bitki gelişimi, verim ve kaliteyi olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bitkiler genel olarak erken dönemde yaşanan kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Doğrudan toprağa ekimi ile yapılan yetiştiriciliklerde en önemli verim kayıpları kuraklıkta oluşan çıkış problemleridir. Özellikle çimlenme döneminde su alımının azalması, enzim aktivitesinin bozulması ve enerji arzının azalmasına neden olmakta ve bu da düzensiz çıkışlara sebep olabilmektedir (Okçu vd., 2005). Bununla birlikte kuraklık stresi, bitki büyüme ve gelişimini doğrudan etkileyen en önemli stres unsurlarındandır.

Kuraklık stresi altında, tüm bitki organlarında kuru madde birikimi azalır, ancak farklı organlar değişen derecelerde etkilenir. Bu nedenle kurak koşullarda büyüyen bitkiler, normal koşullarda yetişen bitkilere göre morfolojik olarak daha küçük olurlar (Nezhadahmadi vd., 2013; Zlatev ve Lidon, 2012; Yıldırım vd., 2021).

Tüm dünyada ve ülkemizde su tüketiminin büyük bölümünü tarımsal üretim oluşturmaktadır. Bu tüketim sonucunda ise su kaynakları giderek azalmakta ve kaynaklara ulaşım zorlaşmaktadır. Bu nedenle kuraklık stresine dayanıklı bitki seçimi ve strese karşı toleransı artırmak için yapılabilecek uygulamalar daha fazla önem kazanmıştır.

Kuraklık stresi gibi abiyotik stres faktörleri, bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkileyerek sonuçta verim ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Özellikle bitkinin fenolijik dönemlerinde ortaya çıkan stres faktörleri, verim ve kalitenin azalmasında çok daha etkili olmaktadır. Bu doğrultuda strese toleransın artırılması için gerçekleştirilen ıslah programlarının sonuçlanması için uzun bir zaman periyoduna ihtiyaç duyulması, farklı uygulamaların ön plana çıkmasında etkili olmaktadır. Bu uygulamalar içerisinde biyostimülantların kullanımı en önemli yöntemlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Bulgari vd., 2019).

Son yıllarda yürütmüş olduğu çalışmalarında biyostimülantlar üzerinde yoğunlukla duran AB (EU, 2019) biyostimülantları; bitkilerde besin elementi kullanım etkinliğini artıran, abiyotik stres koşullarına karşı tolerans sağlayan, ürün kalitesini iyileştiren, toprakta ve kök bölgesinde sınırlı miktarda bulunan besin elementlerinin bitkiler tarafından etkin bir şekilde kullanımına katkı sağlayan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre biyostimülantlar; mikrobiyal ve mikrobiyal olmayanlar olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Mikrobiyal stimülantlar; N-bağlayan faydalı bakterileri ve arbusküler mikorizal mantarları içerirken, mikrobiyal olmayan stimülantlar ise; amino asitler, hümik asitler ve mineraller, deniz yosunu özleri, bitki özleri, biyopolimerler ve protein hidrolizatları gibi hem organik hem de inorganik kökenli çeşitli kompleks maddeleri veya karışımları ifade etmektedir (Andreotti, 2020).

Bakterilerin bitkilerde büyüme ve verimlilik üzerinde olumlu etkisinin olduğu uzun yıllardır bilinmektedir. Bitki Gelişimini Uyarıcı Bakteriler (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) doğal olarak oluşan toprak

mikroorganizmaları olup kök bakterileri olarak da bilinirler (Aydın vd., 2012). PGPR'ler bitki köklerine yerleşerek değişik yollarla bitkiler üzerinde olumlu etkide bulunurlar. Bunlar; uyarıcı etki yapma, siderofor üretme, patojenlerin gelişimlerini engelleme, bitkilerde uyarılmış dayanıklılığı harekete geçirme, bitkisel hormonları uyarma veya üretme, besin elementi alımını iyileştirme (İmriz vd., 2014; Kuşvuran ve Kuşvuran 2021; Kuşvuran vd., 2021), atmosferde serbest halde bulunan azotu toprağa bağlama ve bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürme, amidler ve fitohormonlar gibi bazı bileşikler sentezleme, besin elementleri, iz elementler ve suyu doğrudan köklere taşıma ve topraktaki organik maddenin çözünme sürecini artırma vb. şekillerde görülmektedir (Emilia vd., 2020). Organik fosforu çözme, hormonlar, bazı sekonder metabolitleri üretme (sideroforlar ve antibiyotikler gibi), sistemik dayanıklılığı artırma ve hastalık etmenini baskılama gibi olumlu özelliklere de sahiptirler (İmriz vd., 2014). Bununla birlikte, abiyotik stres koşullarının bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için; toprakta besin elementi mobilizasyonu, fitopatojenlerden korunma ve toksik ağır metallerin tutulması ile toprak yapısı ve kalitesini iyileştirmekte, çeşitli ksenobiyotik bileşiklerin bozulmasına da yardımcı olabilmektedirler (Braud vd., 2009, Kusvuran ve Kusvuran, 2021).

Bu çalışmada; çim alan tesislerinde kullanılan bir çim karışımında [%60 kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.), %20 çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) ve %20 rizumlu kırmızı yumak (*Festuca rubra* L. subsp. *rubra*)]; farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının, çim karışımının kuraklığa toleransı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal ve Yöntem

Araştırmada bitki materyali olarak; %60 kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.), %20 çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) ve %20 rizumlu kırmızı yumak (*Festuca rubra* L. subsp. *rubra*) türlerinden oluşan çim karışımı materyal olarak kullanılacaktır. Araştırmada kullanılan çim karışımında; kamışsı yumakın eşit oranlarda Lexington ve Titanium LS, çok yıllık çimin Ecologic, rizumlu kırmızı yumakın ise Navigator-II çeşitleri yer almaktadır (Anonim, 2021a).

Mikrobiyal gübre (MG) olarak ise; Belplas Ankara Termoplastik ve Bakım Onarım Hizmetleri A.Ş. tarafından üretilen, %100 yerli sınıfında yer alan ve tescilli “Profamik Land” organik mikrobiyal sıvı gübre kullanılmıştır. Firma tarafından sunulan 03.06.2020 tarihli Güvenlik Bilgi Formu incelendiğinde; Profamik Land’in %90 su, %5 melas, %3 laktik asit bakterileri, %1 maya, %1 fototropik bakteriden oluşan ve 25 °C’de 3,0-4,2 pH değerine sahip sıvı formda organik bir gübre olduğu görülmektedir (Anonim, 2021b).

Araştırma farklı MG dozlarının çim karışımının erken gelişme döneminde kuraklık/su kısıtı koşullarındaki etkisini belirlemek amacıyla; farklı sulama/saksı kapasitesi (SK) seviyeleri ana parselleri (K1-%100 sulama/SK/kontrol, K2-%75 sulama/SK, K3-%50 sulama/SK ve K4-%25 sulama/SK), MG dozları (MG1-0,0 cc m⁻², MG2-1,0 cc m⁻², MG3-1,5 cc m⁻², MG4-2,0 cc m⁻² ve MG5-2,5 cc m⁻²) ise alt parselleri oluşturacak şekilde, torf:perlit (2:1) karışımından oluşan, 11 L kapasiteli (0,011 m³) ve 57x16x12 cm boyutlarındaki plastik saksılarda (0,09 m²), “tesadüf parselleri bölünmüş parseller deneme deseni”ne göre üç tekrarlamalı olarak, Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu Uluyazı Araştırma ve Uygulama Serası’nda kontrollü koşullarda yürütülmüştür.

Ekim öncesinde, 4×100 adet tohum sayılarak petri kaplarında ve çimlendirme kabini içinde canlılık testine tabi tutularak, saf ve canlı tohum oranı esas alınarak Avcıoğlu (2014)’ün bildirdiği şekilde, 40 g m⁻² tohum hesabıyla (Kuşvuran, 2009), içerisinde 2:1 oranında torf:perlit karışımı bulunan 11 litre kapasiteye sahip ve 57×16×12 cm (0,09 m²) ebatlarındaki plastik saksılara 40 g m⁻² ekim normuna göre, her bir saksıya 3,6 g tohum gelecek şekilde ekilmiştir. Ekim ile birlikte sulamalara günlük olarak ve kısa süreli olacak şekilde devam edilmiş, bitkilerde çıkışlar başladıktan sonra sulamalar bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ayarlanan standart besin çözeltisiyle sulanmıştır (Dasgan ve Koc, 2009; Kusvuran ve Kusvuran 2019). Sulamada “drene olan çözelti/uygulanan çözelti” oranı esas alınmıştır (Schröder ve Lieth, 2002). Drenaj seviyeleri düzenli olarak belirlenmiş ve bitkilerin büyümesi dikkate alınarak bu oran %30-35 seviyelerinde tutulmuştur. Bitkilerin saksıları büyük ölçüde kapladığı ve kabul edilebilir düzeyde bir vejetasyon örtüsü oluşturmaya başladığı dönemde, ideal biçim yüksekliğinin 1/3’ü oranında daha fazla örtü yüksekliğine ulaştığında

(Avcıoğlu, 2014) ilk biçimler gerçekleştirilmiş ve sonrasında biçimlere deneme süresince devam edilmiştir. Kuraklık stresi için saksı kapasitesinin %100, %75, %50 ve %25 düzeyi alınmış, %100 oranı saksı kapasitesi/kontrol uygulaması olarak kabul edilmiştir. Stres sonunda hasat edilen bitkiler skala değerlendirmesi (Kuşvuran vd., 2011), vejetasyon (bitki örtüsü) yüksekliği (cm), bitki yaş ağırlığı (g saksı-1), kalite değerleri (1-9 skalası) (Turgeon, 2012), renk değerleri (1-9 skalası) (Morris, 2001), Bitki ile kaplı alan değerleri (1-9 skalası) (Morris, 2001), Yoğunluk değerleri (1-9 skalası), nispi klorofil içeriği indeksi (NKİİ) değerleri (1-999, 999: koyu yeşil) bakımından değerlendirilmiştir. Denemelerden elde edilen sayısal değerler, JMP version 8,0 (SAS Institute Inc., ABD) istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulup istatistiksel açıdan uygulamalar arasındaki farklılıklar LSD (Least Significant Difference) çoklu karşılaştırma testi ile önemlilik dereceleri ortaya konularak $p \leq 0,05$ düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Skala Değerleri (0-5 skalası)

Farklı mikrobiyal gübre dozları, kuraklık stresi ve mikrobiyal gübre dozları×kuraklık stresi interaksyonu uygulamalarından elde edilen ortalama skala değerleri bakımından istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılık olduğu ve ortalama değerlerin 0,0-4,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Skala değerlendirmesinde 0-5 arasında değerler verilmiştir (0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri), 1: Büyümede yavaşlama, 2: Alt yapraklarda solgunluk, 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk, 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı, 5: Bitkide solma ve alt yapraklarda kuruma). Kuraklık stresi karşısında bitkilerin zararlanma derecelerini ortaya koyabilmek amacı ile oluşturulan görsel skala değerlendirmesinde kontrol bitkileri “0” olarak kabul edilmiştir. Buna göre K1 dozunun tüm uygulamaları “0” skala değerine sahip olurken, görsel skala değerlendirmesine göre K2 kuraklık dozunun MGD2, MGD3, MGD4 ve MGD5 uygulamaları da kontrol bitkileri ile aynı değere sahip olmuş ve “0” skala değerini almıştır. Bu uygulamaları ise “0,33” skala değeri ile K3 kuraklık dozunun MGD5 uygulaması izlemiştir. Zararlanma derecesi arttıkça skala değerinin de arttığı bu değerlendirmede, en yüksek skala değerini alan, bir diğer ifade ile zararlanmanın en fazla olduğu uygulama K4 kuraklık

koşullarında MGD1 uygulaması olurken (4,00), bunu “3,33” skala değerlendirmesi ile K4 kuraklık stresi koşullarında MGD2, MGD3, MGD4 ve MGD5 uygulamaları izlemiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin skala değerleri bakımından değerlendirmesi (0-5 skalası)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık Dozları				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	0,00 e	2,00 d	2,66 c	4,00 a	2,16 a
MGD2	0,00 e	0,00 e	1,00 e	3,33 b	1,08 b
MGD3	0,00 e	0,00 e	1,33 e	3,33 b	1,16 b
MGD4	0,00 e	0,00 e	1,00 e	3,33 b	1,08 b
MGD5	0,00 e	0,00 e	0,33 f	3,33 b	0,91 b
Kuraklık Ortalaması	0,00 d	0,40 c	1,26 b	3,46 a	
LSD_(0,05)	MGD: 0,28**, K: 0,25**, MGD × K: 0,56**				

*, $P \leq 0,05$, **, $P \leq 0,01$, ** Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.2. Vejetasyon (Bitki Örtüsü) Yüksekliği (cm)

Vejetasyon (bitki örtüsü) yüksekliği bakımından ortalama değerlerin 3,6-8,3 cm arasında değiştiği en yüksek değerler K1 bitkilerinde ortalama 7,6 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Kuraklık stresi dikkate alındığında en düşük bitki örtüsü yüksekliği ortalama olarak 3,8 K4 kuraklık stresi koşullarında tespit edilirken, gübre uygulamaları değerlendirildiğinde ortalama 6,8 cm vejetasyon yüksekliği ile MGD5 uygulaması ön plana çıkmıştır. MGD×kuraklık interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada en yüksek vejetasyon yüksekliği K1 uygulamasının MGD5 dozunda 8,3 cm olarak bulunurken, bunu 7,8 cm ile K2 uygulamasının MGD4 dozu izlemiştir. En düşük vejetasyon yüksekliği ise K4 uygulamasının MGD2 dozunda 3,6 cm ve aynı istatistiksel grupta yer alan K4 kuraklık uygulamasının MGD1 ve MGD3 dozlarında 3,6 ve 3,7 cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin vejetasyon (bitki örtüsü) yüksekliği bakımından değerlendirilmesi (cm)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	7,8 b	4,4 g	3,8 ij	3,6 j	4,9 d
MGD2	7,4 c	7,0 de	4,4 gh	3,6 j	5,6 c
MGD3	6,8 e	5,6 f	4,1 hi	3,7 j	5,0 d
MGD4	7,6 bc	7,8 b	5,5 f	3,8 ij	6,2 b
MGD5	8,3 a	7,3 cd	7,5 bc	4,1 g-i	6,8 a
Kuraklık Ortalaması	7,6 a	6,4 b	5,1 c	3,75 d	
LSD_(0,05)	MGD: 0,16**, K: 0,14**, MGD × K: 0,32**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, ** Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.3. Bitki Yaş Ağırlığı (g saksı-1)

Kuraklık stresi ve mikrobiyal gübre dozları×kuraklık stresi interaksiyonu uygulamalarından elde edilen ortalama bitki yaş ağırlığı değerleri bakımından istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılık olduğu ve ortalama değerlerin 22,0-190,0 g saksı-1 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bitki yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler kontrol bitkilerinde ortalama olarak 109 g saksı-1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Kuraklık stresi bitki yaş ağırlığında azalmaya neden olmuş, en düşük bitki yaş ağırlığı ortalama olarak 31,1 g saksı-1 ile K4 kuraklık stresi koşullarında tespit edilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamaları değerlendirildiğinde ortalama 87 g saksı⁻¹ bitki yaş ağırlığı ile MGD2 ön plana çıkmıştır. MGD×kuraklık interaksiyonunun da istatistiksel K2 uygulamasının MGD2 dozunda tespit edilirken, bunu 131,7 g saksı-1 ile K1 uygulamasının MGD1 dozu izlemiştir. En düşük bitki yaş ağırlığı ise 22,0 g saksı-1 ile K4 uygulamasının MGD1 dozunda tespit edilmiştir.

Tablo 3. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin bitki yaş ağırlığı bakımından değerlendirilmesi (g saksı⁻¹)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	131,7 b	38,3 j	36,7 jk	22,0 n	57,2 d
MGD2	103,3 d	190,0 a	23,3 mn	31,3 kl	87,0 a
MGD3	96,7 e	46,7 i	29,3 lm	29,3 lm	50,5 e
MGD4	108,3 cd	83,3 f	61,3 h	36,0 jk	72,3 c
MGD5	105,0 d	71,7 g	111,7 c	37,0 jk	81,3 b
Kuraklık Ortalaması	109,0 a	86,0 b	52,5 c	31,1 d	
LSD (0,05)	MGD: 0,16** , K: 0,14** , MGD × K: 0,32**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, **Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.4. Kalite Değerleri (1-9 skalası)

En yüksek değerler K1 uygulamasında ortalama olarak 8,5 şeklinde belirlenmiştir (Tablo 4). Kuraklık stresi kalite değerlerinde azalmaya yol açmış, en düşük kalite değerleri ortalama olarak 4,0 ile K4 kuraklık stresi koşullarında tespit edilmiştir. Mikrobiyal uygulama dozları bakımından 7,3 kalite değeri ile MGD5 ön plana çıkmıştır. MGD×kuraklık interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada en yüksek kalite değeri K1 uygulamasının MGD5 dozu “9,0” kalite değeri ile ilk sırada yer almıştır. En düşük kalite değeri ise “3,0” skala değeri ile K4 kuraklık stresi koşullarında MGD1 uygulamasında tespit edilmiştir.

Tablo 4. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin kalite değeri bakımından değerlendirilmesi (1-9 skalası)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	8,3 ab	6,7 d	4,7 e	3,0 f	5,7 d
MGD2	8,3 ab	7,7 bc	5,3 e	3,7 f	6,3 c
MGD3	8,3 ab	7,0 cd	5,3 e	3,7 f	6,1 c
MGD4	8,3 ab	7,7 bc	7,0 cd	4,7 e	6,9 b
MGD5	9,00 a	7,7 bc	7,7 bc	5,0 e	7,3 a
Kuraklık Ortalaması	8,5 a	7,3 b	6,0 c	4,0 d	
LSD_(0,05)	MGD: 0,41**, K: 0,37**, MGD × K: 0,83**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, ** Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.5. Renk Değerleri (1-9 skalası)

Farklı mikrobiyal gübre dozları, kuraklık stresi ve mikrobiyal gübre dozları×kuraklık stresi interaksyonu uygulamalarından elde edilen ortalama renk değerleri bakımından istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılık olduğu ve ortalama değerlerin 3,7-9,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Renk değerleri bakımından en yüksek değerler K1 bitkilerinde ortalama olarak 9,0 olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Kuraklık stresi renk değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Buna göre en düşük renk değerleri ortalama olarak 4,9 ile K4 kuraklık stresi koşullarında tespit edilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamaları arasında en yüksek renk skala değerleri 8,2 ile MGD5 uygulamasında belirlenmiştir. MGD×kuraklık interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada en yüksek renk değeri K1 uygulamasının tüm MGD dozları ile K2 kuraklık düzeyinde MGD4 dozunda 9,0 olarak belirlenmiştir. En düşük renk değeri ise 3,7 ile K4 uygulamasının MGD1 dozunda tespit edilmiştir.

Tablo 5. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin renk değeri bakımından değerlendirilmesi (1-9 skalası)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	9,0 a	6,7 de	6,0 ef	3,7 g	6,3 d
MGD2	9,0 a	8,7 a	6,3 ef	4,0 g	7,0 c
MGD3	9,0 a	7,7 bc	6,3 ef	4,3 g	6,8 c
MGD4	9,0 a	9,0 a	7,3 cd	5,7 f	7,8 b
MGD5	9,0 a	8,7 a	8,3 ab	6,7 de	8,2 a
Kuraklık Ortalaması	9,0 a	8,1 b	6,9 c	4,9 d	
LSD (0,05)	MGD: 0,37**, K: 0,33**, MGD × K: 74**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, **: Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.6. Bitki ile Kaplı Alan Değerleri (1-9 skalası)

Bitki ile kaplı alan bakımından en yüksek değerler ortalama 9,0 ile K1 ve K2 bitkilerinde belirlenmiştir. Kuraklık stresi ile bitki ile kaplı alanda azalma meydana gelmiş, K3 kuraklık düzeyinde 7,7 iken K4 uygulamasında bu oran 7,0 şeklinde gerçekleşmiştir. Genel olarak MGD uygulamalarında bitki ile kaplı alan 8,0-8,25 arasında değişim göstermiş, en düşük alan 8,00 ile MGD1 uygulamasında belirlenmiştir. MGD×kuraklık interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada en yüksek değerler 9,0 skala değeri ile K1 ve K2 düzeyindeki tüm MGD uygulamalarında tespit edilirken en düşük skala değeri K4 düzeyindeki tüm MGD uygulamalarında 7,0 skala değeri olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin bitki ile kaplı alan değeri bakımından değerlendirilmesi (1-9 skalası)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	9,0 a	9,0 a	7,0 d	7,0 d	8,00 b
MGD2	9,0 a	9,0 a	7,7 c	7,0 d	8,16 ab
MGD3	9,0 a	9,0 a	8,0 b	7,0 d	8,25 a
MGD4	9,0 a	9,0 a	8,0 b	7,0 d	8,25 a
MGD5	9,0 a	9,0 a	8,0 b	7,0 d	8,25 a
Kuraklık Ortalaması	9,0 a	9,0 a	7,7 b	7,0 c	
LSD_(0,05)	MGD: 0,11 **, K: 0,10 **, MGD × K: 0,21 **				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, **Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.7. Yoğunluk Değerleri (1-9 skalası)

Farklı mikrobiyal gübre dozları, kuraklık stresi ve mikrobiyal gübre dozları×kuraklık stresi interaksyonu uygulamalarından elde edilen ortalama yoğunluk değerleri bakımından istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılık olduğu ve ortalama değerlerin 5,0-9,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yoğunluk bakımından en yüksek değerler ortalama 9,0 ile K1 bitkilerinde belirlenmiştir. Kuraklık stresi ile yoğunluk değerlerinde azalma meydana gelmiş ve K2 uygulamasında bu değer 8,1 iken K3 kuraklık uygulamasında 7,1 ve K4 kuraklık uygulamasında 5,5 düzeyinde gerçekleşmiştir. Mikrobiyal gübre dozları bakımından da istatistiksel olarak farkın ortaya çıktığı çalışmada, en yüksek yoğunluk skalası 7,8 ile MGD4 ve 7,8 ile aynı istatistiksel grupta yer alan MGD5 uygulamasında belirlenmiştir. MGD×kuraklık interaksyonunun istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre en yüksek yoğunluk K1 uygulamasında tüm MGD dozlarında “9,0” olarak belirlenmiştir. En düşük yoğunluk değeri ise “5,0” ile K4 uygulamasının MGD1 dozunda tespit edilmiştir.

Tablo 7. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin yoğunluk değeri bakımından değerlendirilmesi (1-9 skalası)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	9,0 a	7,3 cd	6,0 f	5,0 g	6,8 c
MGD2	9,0 a	9,0 a	6,7 e	5,3 g	7,4 b
MGD3	9,0 a	7,7 bc	7,0 de	5,3 g	7,3 b
MGD4	9,0 a	9,0 a	7,7 bc	6,0 f	7,8 a
MGD5	9,0 a	8,0 b	8,0 b	6,0 f	7,8 a
Kuraklık Ortalaması	9,00 a	8,06 b	7,1 c	5,5 d	
LSD (0,05)	MGD: 0,30**, K: 0,27**, MGD × K: 0,60**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, **Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

3.8. Nispi Klorofil İçeriği İndeksi Değerleri (NKİİ) (1-999, 999: koyu yeşil)

Nispi klorofil içeriği indeksi bakımından en yüksek değerler ortalama 315,0 ile K1 bitkilerinde belirlenmiştir. Kuraklık stresi ile nispi klorofil içeriğinde azalma meydana gelmiş, NKİİ değeri K2 uygulamasında 286,7 K3 kuraklık düzeyinde 174,9 ve K4 kuraklık düzeyinde bu oran 133,1 şeklinde gerçekleşmiştir. MGD uygulamaları değerlendirildiğinde, en yüksek NKİİ değeri 282,4 ile MGD5 uygulamasında en düşük değer ise 187,8 ile MGD1 uygulamasında tespit edilmiştir. MGD×kuraklık interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada en yüksek NKİİ değer, 384,7 ile K2 kuraklık düzeyinde MGD2 uygulamasında belirlenmiştir. En düşük nispi klorofil içeriği indeks değeri K3 düzeyinde MGD1 uygulamasında 109,0 olarak saptanmıştır.

Tablo 8. Mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı kuraklık dozu koşullarında ortaya koyduğu değişimlerin nispi klorofil içeriği indeksi (NKKİ) bakımından değerlendirilmesi (1-999, 999: koyu yeşil)

Mikrobiyal Gübre	Kuraklık				Mikrobiyal Gübre Ortalaması
	K1 (%100)	K2 (%75)	K3 (%50)	K4 (%25)	
MGD1	317,3 e	187,0 h	109,0 l	137,7 j	187,8 d
MGD2	282,0 f	384,7 a	124,7 k	131,3 jk	230,7 b
MGD3	317,7 e	246,0 g	130,3 jk	132,0 jk	206,5 c
MGD4	287,0 f	330,7 d	167,0 i	134,7 j	229,8 b
MGD5	371,0 b	285,0 f	343,7 c	130,0 jk	282,4 a
Kuraklık Ortalaması	315,0 a	286,7 b	174,9 c	133,1 d	
LSD (0,05)	MGD: 4,38**, K: 3,91**, MGD × K: 8,75**				

*: $P \leq 0,05$, *: $P \leq 0,01$, **Aynı sütun içerisinde değişik harf ile gösterilen ortalamalar, LSD testine göre %5 hata sınırları içinde istatistiksel olarak farklıdır. MGD: Mikrobiyal Gübre Dozu K: Kuraklık

Küresel iklim değişikliği ile birlikte ortaya çıkan abiyotik stres faktörleri, her geçen gün etki ve süresini artırmaktadır. Bitkisel üretimi sınırlandıran bu stres faktörlerinin başında kuraklık stresi yer almaktadır (Jacques vd., 2021). Kuraklık stresi koşullarında bitkilerin moleküler, biyokimyasal, fizyolojik, morfolojik özellikleri ve süreçlerinde değişimler meydana gelmektedir. Bununla birlikte su kısıtı olan ortamlarda bitki verimi ve kalitesi olumsuz etkilenmekte, bu etki büyüme aşamaları, yaş, bitki türleri ve kuraklığın şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Seleiman vd., 2021). Kuraklık stresinin ortaya koyduğu değişim ve buna bağlı olarak verimde meydana gelen azalmanın önüne geçilebilmesi için gerçekleştirilebilecek en önemli stratejilerden biri, bitki toleransının artırılarak verimliliğin ve kalitenin iyileştirilmesi olarak görülmektedir (Agliassa vd., 2021).

Bitki biyostimülanları, bitkilere veya rizosfere uygulandığında, besin alımını, besin elementlerinin etkinliğini, abiyotik strese toleransı ve ürün kalitesini artırmak/fayda sağlamak için doğal süreçleri uyaran madde(ler) ve/veya mikroorganizmalar içerir. Biyostimülanların son 10 yılda kullanımı önemli düzeyde artış göstermiştir. Özellikle verimde ve stres koşullarına

toleransın sağlanmasındaki etkinliği, biyostimülanları en önemli sistemlerden biri haline getirmiştir (Rakkammal vd., 2022).

Son yıllarda artan nüfus ve dolayısıyla gıda ihtiyacı nedeniyle tarımsal üretimde önemli bir artış olduğu kuşkusuzdur. Kimyasal gübre ve pestisitlerin yanlış kullanımı tarımsal sürdürülebilirliği sınırlandırmakta, ekolojik dengenin bozulmasına ve doğal çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır. Sürdürülebilir bir tarımın yapılması ve çevreyi korumak amacıyla kimyasal gübre kullanımına karşı benimsenebilecek birçok alternatif bulunmaktadır. Bu alternatiflerin en önemlilerinden birisi de mikrobiyal gübre kullanımıdır. Mikrobiyal gübreler, toprağa, tohuma veya bitki yüzeyine uygulandığında rizosferi kolonize eden ve bitkinin besin alımını artıran, böylece bitki büyüme ve gelişmesini teşvik eden canlı mikroorganizmalar içermektedir. Sürdürülebilir tarım için önemli bir role sahip olan mikrobiyal gübreler bitki besin elementlerinin alımına yardımcı olmak, stres faktörleri karşısında bitki toleransını artırmak, verim ve kaliteyi iyileştirmek ve kimyasal gübre kullanımını azaltmak gibi farklı etkilere sahiptir (Kusvuran ve Kusvuran, 2019).

Gerçekleştirilen bu çalışmada, mikrobiyal gübrenin dört farklı dozunun, kuraklık stresine toleransın sağlanmasındaki etkinliği incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; kuraklık stresi incelenen tüm parametrelerde azalmaya neden olmuş, bu azalma özellikle %25 sulama (K4) koşullarında oldukça belirginleşmiştir. Kuraklık stresinin oluşturduğu etkinin belirlenebilmesi için bitkiler skala (0-5) değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Buna göre %100 (K1) ve %75 (K2) sulama koşullarında bitkiler “0” skala değerine sahipken, kuraklığa bağlı stresin şiddeti arttıkça skala değeri de artış göstermiştir. Çizelge 4.1’de gösterildiği üzere, özellikle %25 sulama (K4) koşullarında bitkiler “4,0” skala değerini almıştır. Bununla birlikte mikrobiyal gübre kullanımı bitkilerde skala değerlerinde azalma yani iyileşme yönünde katkıda bulunmuştur. Kuraklık stresi diğer abiyotik stres faktörlerinde olduğu gibi bitki büyüme ve gelişmesinde olumsuzluklara yol açarken; bitkide morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri de beraberinde getirmekte, bu da çim alanın bozulmasına yol açmaktadır.

Farklı düzeylerdeki kuraklık stresi [%75 sulama (K2), %50 sulama (K3) ve %25 sulama (K4)] çim alanda vejetasyon (bitki örtüsü) yüksekliği ve bitki yaş ağırlıklarında azalmaya neden olmuştur. Bu azalma ortalama olarak

%15-71 arasında değişim göstermiştir. Çimde gerçekleştirilen farklı çalışmalarda kuraklık düzeyinde meydana gelen artışın bitki büyüme ve gelişmesinde olumsuzluklara yol açtığı vurgulanmıştır (Yılmaz ve Kısakürek, 2021; Safari vd., 2022). Bu çalışmada, mikrobiyal gübre kullanımı ortaya çıkan olumsuzlukların sınırlandırılmasında etkili olmuştur. Stres koşulları altında vejetasyon yüksekliğinde, ortalama %2 ile %38 düzeyinde bir iyileşme sağlanırken, bu oran bitki yaş ağırlığında %26 ile %52 aralığında gerçekleşmiştir. Bakteriler, ACC deaminaze üretebilme özellikleriyle bitki köklerindeki etilen miktarını azaltarak kök uzaması ve gelişimini teşvik etmektedir. ACC deaminaze aktivitesi *Enterobacter* spp., *Rhizobium* spp., *Pseudomonas* spp., *Variovorax* spp., *Alcaligenes* spp. ve *Bacillus* spp. türlerinde yaygın olmakla birlikte, farklı gruplar tarafından yürütülen araştırmalarda, gram negatif bakteriler, gram pozitif bakteriler, endofitik bakteriler, *rhizobium*'lar ve mantarlar gibi birçok mikrobiyal türde ACC deaminaze aktivitesi olduğu belirlenmiştir (Nadeem vd., 2012). Bitki büyümesini teşvik eden bakteriler bünyelerinde buldukları ACC-deaminaze enzimi sayesinde bitki köklerinde etilen sentezi sırasında ortaya çıkan bir ara ürün olan ACC'yi amonyum ve α -ketobutirata parçalayarak etilen sentezini inhibe etmektedirler. Ayrıca indol asetik asit (IAA) üreterek bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır (Alveroğlu, 2014). Nitekim Maheshwari (2010) bitkilerde uygulanan PGPR bakterilerinin, farklı koşullar altında köklenme, erken çimlenme, besin alımı, toplam biyokütle ağırlığı, erken çiçek açma gibi doğrudan ve dolaylı etkileri olduğunu; bitki büyüme ve gelişimine önemli katkılarda bulunduğunu ve bitki hastalıklarının azalma yönünde eğilim gösterdiğini ifade etmiştir.

Çim alanların en önemli özellikleri arasında yer alan kalite ve renk değişimlerinin de incelendiği çalışmada, kuraklık stresinin her iki parametre bakımından çim örtüsü üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu görülmüştür. Skala değerlerinde görülen azalma, kalitede ortalama %13 ile %52, renkte ise %9 ile %46 arasında gerçekleşmiştir. Pessaraki ve Kopec (2009) ile Keyikoglu vd. (2019) farklı çim türlerinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında stres koşullarına bağlı olarak kalitede azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Mutlu (2020) vejetatif tip hibrit Bermuda çimi 'Survivor'ın genel çim performansını ve kuraklık dayanımını inceledikleri çalışmalarında, kuraklık stresinin kalite ve renkte değişen oranlarda

olumsuzluklara yol açtığını bildirmişlerdir. Carrow vd. (2009) çimde renk skalasının kalite bakımından önemli bir değerlendirme unsuru olduğunu, bu özelliğin tür ve çeşitlere göre farklılık göstermekle birlikte çevresel stres faktörleri ve gübrelemeden etkilendiğini vurgulamışlardır. Mikrobiyal gübre kullanımı kalite ve renk parametrelerinde olumlu yönde etkili olmuş, kalite değerinde ortalama %7 ile %30 arasında artış sağlarken, bu oran renk skala değerleri açısından ortalama %7 ile %29 arasında gerçekleşmiştir. Acikgoz vd. (2016), kuraklık stresi koşullarında çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* L. Schreb.) ve çayır salkımotu (*Poa pratensis* L.) türlerinde biyogübre ve azot (N) gübrelemesinin (amonyum nitrat, amonyum nitrat + *Bacillus megaterium* M3 ve amonyum nitrat + *Bacillus subtilis* OSU-142) kuraklığa tolerans üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, tüm türlerde artan azot (N) gübreleri ve *Bacillus subtilis* aşılması ile renk değerleri ve vejetasyon değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, çayır salkımotu (*Poa pratensis* L.)'unda renk ve vejetasyon verimi bakımından üç gübre kaynağı arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, çim rengi için biyogübre uygulamasının etkili olduğu ve bu amaçla biyofertilizasyon yapıldığında bazı çim türlerinde azot (N) gübrelemesinin azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Rizobakterilerin azotlu gübre (0,54 cc m⁻²) ile farklı dozlarda (0, 1, 2 ve 3 g m⁻²) kullanımının çimde renk ve kalite üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada; materyal olarak Bermuda çimi (*Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis*)'nin Tifdwarf, yaygın Bermuda çimi (*Cynodon dactylon* L. Pers.)'nin Gobi ve Sydney, sahil yalancı darı (*Paspalum vaginatum* Sw.)'nin Seaspray ve Japon çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) Zenith çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Zenith, Tifdwarf ve Gobi çeşitlerinin dormansiden ilk çıkan çeşitler olduğu tespit edilmiştir. Renk ve kalite değerleri azot miktarındaki artışa bağlı olarak artış göstermiş, 2 g m⁻² azot (N) ve bakteri uygulaması kabul edilebilir bir çim kalitesinin elde edilebilmesi için önerilmiştir (Taşkın ve Bilgili, 2020).

Bu çalışmada incelenen bir diğer özellik olan bitki örtüsünün kapladığı alan ve yoğunluk bakımından kuraklık stresi olumsuzluklara neden olmuş, stres koşullarında kontrol bitkilerine kıyasla bitki örtüsünün kapladığı alan bakımından ortalama %14 ile %22, yoğunluk bakımından ise ortalama %10 ile %38 oranında bir gerileme ortaya çıkmıştır. Bu azalma %25 sulama

düzeyinde (K4) daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Naz vd., (2010) stresin bitkinin kapladığı alan bakımından azalmalara yol açtığını, Zamin vd. (2019) ise kaplama alanı ve stres koşulları arasında negatif bir ilişki olduğunu, stres düzeyindeki artış ile birlikte bitki ile kaplı alan oranının da azaldığını bildirmişlerdir. Mikrobiyal gübre uygulamaları bitki gelişimini iyileştirerek bitkinin kapladığı alan ve yoğunluk bakımından olumlu yönde bir etkide bulunmuştur. Çalışmada bitkinin kapladığı alan bakımından ortalama %2 ile %3, yoğunluk bakımından ise ortalama %6 ile %15 oranında iyileşme saptanmıştır. Yadav vd. (2020) buğdaygillerde kuraklığa karşı toleransın artırılmasında rizobakterilerin önemli bir role sahip olduklarını, bu bakterilerin sınırlı su kaynakları ve değişen iklim koşulları altında bitkinin verim artışı sağlanmasında önemli bir potansiyele sahip olabileceğini bildirmişlerdir. Mikrobiyal gübrelerin de dâhil olduğu biyostimülantların çim bitkilerinde kullanımının besin alımı, büyüme ve gelişmede artış yanında strese tolerans üzerindeki olumlu katkısı nedeniyle kullanımlarının giderek yaygınlaşmaya başladığı ifade edilmektedir. Bermuda çiminde [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] azotlu ve mikrobiyal gübre uygulamaları ve uygulama zamanlarının karşılaştırıldığı çalışmada mikrobiyal gübre uygulanan bitkilerde bitki örtüsü indeksi, çim rengi ve çim kalitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Bolton vd., 2022).

Klorofil içeriği, kuraklık stresinden etkilenen bir diğer kritik bileşendir ve fotosentezde hayati bir rol oynar. Klorofil içeriğindeki azalma bitki verimliliğinin düşmesine neden olur (Muller vd., 2011; Bijalwan vd., 2022). Klorofil, fotosentez için başlıca kloroplast bileşenlerinden biridir. Kuraklık stresi altında klorofil içeriğindeki azalma, pigment fotooksidasyonunun ve klorofil bozulmasının tipik bir belirtisi olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte ortaya çıkan azalma kuraklık stresinin süresi ve şiddetine göre de değişiklik göstermektedir (Rahdari ve Hoseini 2012). Farklı kuraklık düzeylerinin yer aldığı bu çalışmada, klorofil indeks değerleri artan kuraklık düzeyine bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu azalma ortalama %8 ile %57 arasında değişmiş, en yüksek değişim, bir diğer ifadeyle klorofil indeksinde kontrol bitkilerine oranla en fazla azalma, %25 sulama düzeyinde (K4) belirlenmiştir. Mikrobiyal gübre, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletme bakımından etkili olmuş ve biyostimulant uygulanmayan bitkilere oranla klorofil içeriği bakımından %10 ile %50 arasında bir iyileşme

sağlanmasına neden olmuştur. Abbas ve Akladios (2013) biyostimulantların klorofil biyosentezini uyararak veya bozulmasını önleyerek yaprakların rengini iyileştirici yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Mahdavi vd. (2020), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) çim türünde bakteri uygulamasının kuraklık stresine tolerans ve su kullanım etkinliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, *Pseudomonas fluorescens* uygulamasının 7, 14 ve 21 gün aralıklarla gerçekleştirilen kuraklık stresi koşullarında kalite, yaş ağırlık, klorofil içeriği, nispi su içeriği ve fosfor içeriğinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, prolin, glisin betain ve antioksidan enzim aktivitelerinde artış meydana geldiğini, bakteri uygulamasında ise morfolojik ve fizyolojik parametreler bakımından ortaya çıkan kayıpların azaldığını, osmolit ve anitoksidan enzim aktiviteleri bakımından ise artış meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

4. SONUÇ

Mikrobiyal gübre uygulamasının, serin mevsim çim karışımında kuraklık stresine tolerans üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada, kuraklık uygulaması bitki büyüme ve gelişmesi ile çim kalite parametrelerinde olumsuzluklara yol açmış, bu etki %25 sulama (K4) düzeyinde, yani suyun %75 oranında kısıtlanması durumunda, oldukça belirginleşmiştir. Mikrobiyal gübre kullanımı kuraklık stresinin ortaya koyduğu olumsuzlukları sınırlandırmada etkili olmuş ve meydana gelen stres zararı incelenen özellikler bakımından değişen oranlarda azalma yönünde etki göstermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol bitkilerine (K1) oranla meydana gelen değişim ve bitki gelişimi açısından ortaya koydukları iyileşme açısından; MGD4 ve MGD5 uygulamalarının ön plana çıktığı belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (KYO211221L34 nolu proje) desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Abbas, S. M., & Akladios, S. A. (2013). Application of carrot root extract induced salinity tolerance in cowpea (*Vigna sinensis* L.) seedlings. *Pak. J. Bot.*, 45: 795-806.
- Acikgoz, E., Bilgili, U., Sahin, F., & Guillard, K. (2016). Effect of plant growth-promoting *Bacillus* sp. on color and clipping yield of three turfgrass species. *J. Plant Nutr.*, 39(10): 1404-1411.
- Agliassa, C., Mannino, G., Molino, D., Cavalletto, S., Contartese, V., Berteau, C. M., & Secchi, F. (2021). A new protein hydrolysate-based biostimulant applied by fertigation promotes relief from drought stress in *Capsicum annuum* L. *Plant Physiol. Biochem.*, 166: 1076-1086.
- Alveroğlu, V. (2014). Bazı bakteri (*Serratia marcescens* ve *Stenotrophomonas maltophilia*) ve potasyum nitrat uygulamalarının biber bitkisinin tuza toleransı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 105 sayfa, Eskişehir.
- Andreotti, C. (2020). Management of abiotic stress in horticultural crops: Spotlight on biostimulants. *Agron.*, 10: 1514.
- Anonim, (2021a). Çim karışımı. Web sitesi. <https://www.akademitohum.com/urun/4a-blueray/> Erişim tarihi: 10.01.2021
- Anonim, (2021b). Profamik Land mikrobiyal gübre. Web sitesi. <https://www.belplas.com.tr/profamik-land> Erişim tarihi: 05.01.2021
- Avcıoğlu, R. (2014). Çim ekimi, dikimi ve bakımı. Ege Basımevi, 332 sayfa, Bornova, İzmir.
- Aydın, A., Yıldırım, E., Karaman, M. R., Turan, M., Demirtaş, A., Şahin, F., Güneş, A., Esringü, A., Dizman, M., & Tutar, A. (2012). Humik asit, PGPR ve kimyasal gübre uygulamalarının brokoli (*Brassica oleracea*) bitkisinin bazı verim parametreleri üzerine etkisi. *SAÜ Fen Ed. Derg.*, 1: 309-316.
- Bijalwan, P., Sharma, M., & Kaushik, P. (2022). Review of the effects of drought stress on plants: A systematic approach. Preprints, 2022020014.
- Braud, A., Jézéquel, K., Bazot, S., & Lebeau, T. (2009). Enhanced phytoextraction of an agricultural Cr-and Pb-contaminated soil by

- bioaugmentation with siderophore-producing bacteria. *Chemosphere*, 74(2): 280-286
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agron.*, 9(6): 306.
- Carrow, R. N., Krum, J. M., Flitcroft, I., & Cline, V. (2010). Precision turfgrass management: Challenges and field applications for mapping turfgrass soil and stress. *Precis. Agric.*, 11: 115-134.
- Daşgan, H. Y., & Koc, S. (2009). Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. *J. Food. Agric. Environ.*, 7(2): 363-372.
- Emilia, D. A., Luisa, D. A., Stefania, D. P., & Petronia, C. (2020). Use of biostimulants to improve salinity tolerance in agronomic crops. In: *Agronomic Crops: Volume 3: Stress Responses and Tolerance*, Hasanuzzaman, M. (ed), Springer, pp. 423-441, Berlin.
- FAO, 2019. Proactive approaches to drought preparedness. Web sitesi. <http://www.fao.org/3/ca5794en/ca5794en.pdf> Erişim tarihi: 15.12.2022
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E., & Okur, O. (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. *Elektron. Mikrobiyol. Derg.*, 12(2): 1-19.
- Jacques, C., Salon, C., Barnard, R. L., Vernoud, V., & Prudent, M. (2021). Drought stress memory at the plant cycle level: A review. *Plants*, 10(9): 1873.
- Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Molecular responses to drought stress in plants. *Biol. Plant.*, 61: 201-209.
- Keyikoglu, R., Aksu, E., & Arslan, M. (2019). Effects of salinity stress on the growth characteristics of four turfgrass species. *Fresenius Environ. Bull.*, 28(4): 2942-2948
- Kuşvuran, A. (2009). Çukurova koşullarına uygun çim tür ve karışımlarının belirlenmesi ve performanslarının saptanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 456 sayfa, Adana.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., & Abak, K. (2011). Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniv. Tarım Bil. Derg.*, 21(3): 209-219.

- Kusvuran, A., & Kusvuran, S. (2019). Using of microbial fertilizer as biostimulant alleviates damage from drought stress in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) seedlings. *Int. Lett. Nat. Sci.*, 76: 147-157.
- Kuşvuran, A., & Kuşvuran, Ş. (2021). Biyostimulantların abiyotik stres toleransı üzerindeki etkileri. *Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri*. Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Daşgan, H. Y., Kuşvuran, Ş. (editörler), Gece Kitaplığı, ss. 430-466, Ankara.
- Kuşvuran, A., Dülger, İ., & Kuşvuran, Ş. (2021). Growth-promoting ability of *Bacillus* and *Pseudomonas* and their effect on induced tolerance in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* [L.] Taub.) against drought stress. In: *Sustainable Forage Production and Ecological Safety*, Demiroglu Topcu, G. and Seydosoglu, S. (eds), IKSAD Publishing House, pp: 175-214, Ankara.
- Mahdavi, S. M. E., Salehi, H., & Zarei, M. (2020). Morpho-physiological and biochemical attributes of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) inoculated with *Pseudomonas fluorescens* under deficit irrigation. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 20: 1457-1471.
- Maheshwari, D. K. (2010). *Plant growth and health promoting bacteria*, Vol. 18, Springer Science and Business Media, 836 page, New York.
- MGM, 2014. Türkiye kuraklık değerlendirme raporu. Web sitesi. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/Türkiye-Kuraklik-Degerlendirmesi-2014.pdf> Erişim Tarihi: 02.10.2020.
- Morris, K. (2001). National turfgrass evaluation program. A Guide to NTEP Turfgrass Ratings, NTEP: Beltsville, MD, USA.
- Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., & Gibon, Y. (2011). Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *J. Exp. Bot.*, 62(6): 1715-1729.
- Mutlu, S. (2020). Yerli Bermuda Çimi ‘Survivor’ın kuraklık dayanımı ve çim performansı. *Bursa Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 34: 303-318.
- Nadal, M., & Flexas, J. (2018). Mesophyll conductance to CO₂ diffusion: Effects of drought and opportunities for improvement. In: *Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment*, García-Tejero, I. F. and Durán-Zuazo, V. H. (eds), Elsevier, pp. 404-438, London.

- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., & Ashraf, M. (2012). Microbial ACC-deaminase biotechnology: Perspectives and applications in stress agriculture. In: *Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management*, Springer, pp. 141-185, Berlin.
- Naz, N., Hameed, M., & Ashraf, M. (2010). Eco-morphic response to salt stress in two halophytic grasses from the Cholistan Desert. *Pak. J. Bot.*, 42(2): 1343-1351
- Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z. H., & Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. *The Sci. World J.*, 1-12.
- Pessarakli, M., & Kopec, D. M. (2009). Screening various ryegrass cultivars for salt stress tolerance. *J. Food Agric. Environ.*, 7(3-4): 739-743.
- Rahdari, P., & Hoseini, S. M. (2012). Drought stress: A review. *Int. J. Agron. Plant Prod.*, 3(10): 443-446.
- Rakkammal, K., Maharajan, T., Ceasar, S. A., & Ramesh, M. (2022). Biostimulants and their role in improving plant growth under drought and salinity. *Cereal Res. Commun.*, 1-14.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops Torres-Ruiz, J. M., Diaz-Espejo, A., Morales-Sillero, A., Martín-Palomo, M. J., Mayr, S., Beikircher, B., & Fernández, J. E. 2013. Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. *Plant Soil.*, 373: 77-87.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. S. P. (2014). Response of plants to water stress. *Front. Plant Sci.*, 5: 86.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul Wajid H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2): 259.
- Taşkın, S., & Bilgili, U. (2020). Mikrobiyal gübrenin bazı sıcak iklim çim bitkilerinin genel çim performansı üzerine etkileri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 34: 139-158.
- Turgeon, A. J. (2012). *Turfgrass management*, 9th edition, PrenticeHall, 392 page, New Jersey.

- Safari, S., Nazari, F., Vafae, Y., & Teixeira da Silva, J. A. (2023). Impact of rice husk biochar on drought stress tolerance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *J. Plant Growth Reg.*, 42(2): 810-826
- Schröder, F. G., & Lieth, J. H. (2002). Irrigation control in hydroponics. In: *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Savvas, D. and Passam, P. (eds), Embryo Publications. pp. 263-269, Athens.
- Yadav, V. K., Raghav, M., Sharma, S. K., & Bhagat, N. (2020). Rhizobacteriome: Promising Candidate for Conferring Drought Tolerance in Crops. *J. Pure Appl. Microbiol.*, 14(1): 73-92.
- Yıldırım, E., Kul, R., Ekinci, M., Örs, S., & Dursun, A. (2021). Kuraklık Stresi. *Sebzeerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri*. Editörler: Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Daşgan, H. Y., Kuşvuran, Ş. Gece Kitaplığı, ss. 66-117, Ankara.
- Yılmaz, M. B., & Kısakürek, Ş. (2021). *Lolium perenne* L. çeşitlerinde kuraklık stresinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *KSÜ Üniv. Tarım ve Doğa Derg.*, 24(3): 529-538.
- Zamin, M., Khattak, A. M., Salim, A. M., Marcum, K. B., Shakur, M., Shah, S., Jan, I., & Fahad, S. (2019). Performance of *Aeluropus lagopoides* (mangrove grass) ecotypes, a potential turfgrass, under high saline conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26(13): 13410-13421.
- Zlatev, Z., & Lidon, F. C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emir J. Food Agric.*, 57-72.

BÖLÜM X

BAZI ODUNSU TÜRLERİN ODUNLARINDA TİTANYUM KONSANTRASYONUNUN DEĞİŞİMİ

Dr. Uğur CANTÜRK¹

Doç. Dr. İsmail KOÇ²

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514749>

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye. ugurcanturk55@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-9552-7419

² Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye. ismailkoc@duzce.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5847-9155

³ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye. semsettinkulac@duzce.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-8398-3246

1. GİRİŞ

Dünya genelinde günümüzün en önemli problemlerinin birçoğunun son yüzyılda sanayi ve teknolojik alanda yaşanan gelişmeler sonucunda ortaya çıktığı sıklıkla dile getirilmektedir. Bu sorunların başında küresel iklim değişikliği (Cantürk vd., 2024; Erturk vd., 2024) ile kentleşme gelmektedir (Şen vd., 2018; Kaplan vd., 2023). Bu iki sorun küresel ölçekte en önemli ve geri döndürülemez sorunlar olarak tanımlanmaktadır (Sulhan vd., 2023).

Ancak dünya genelinde çevre kirliliği pek çok araştırmacı tarafından daha büyük bir sorun olarak görülmektedir (Isinkaralar vd., 2024). Günümüzde kirlilik bütün canlıları ve ekosistemleri tehdit eden küresel bir sorun haline gelmiştir (Sevik vd., 2024). Özellikle hava kirliliği o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki dünya nüfusun yüzde 90'ının kirli hava soluduğu, hava kirliliğinin dünya genelinde her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölümüne neden olduğu belirtilmektedir (Ghoma vd., 2023; Şevik vd., 2024).

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde insan ve çevre sağlığını en ciddi boyutta tehdit edenler ağır metallerdir. Öyle ki, ağır metallerin canlılar için besin elementi olarak gerekli olanlarının dahi yüksek konsantrasyonlarda zararlı olabildiği belirtilmektedir (Key vd., 2022). Ayrıca hemen her türlü ağır metalin solunum yolu ile insan vücuduna alınması durumunda sağlık açısından zararlı olduğu belirtilmektedir. Bundan dolayı havadaki ağır metal kirliliğinin azaltılması büyük önem taşımaktadır (Koç vd., 2024)

Havadaki ağır metal kirliliğinin azaltılmasında en etkin yöntemlerden birisi bitkilerin kullanılması olup, fitoremediasyon çalışmalarında kullanılabilecek hiperakümülatör bitki türlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle odun kısmında bu ağır metalleri biriktirebilen türler bu amaç için son derece uygundur çünkü odun kısmı yüksek yapılı bitkilerin kütle olarak en büyük organı olması yanında çok uzun yıllar ağır metalleri bünyesinde hapseder ve büyük oranda ağır metali havadan uzaklaştırabilir (Key vd., 2023; Şevik vd., 2024). Ancak, bu amaç için kullanılabilecek en uygun türlerin her bir element için ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında da kentsel alanlarda sıklıkla yetiştirilen bazı yüksek yapılı ağaçların odun kısımlarında Titanyum (Ti) elementini biriktirebilme potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda genellikle ihmal edilen Ti, hücre döngüsünde değişiklik, nükleer

membranların daralması ve apoptoz gibi insan vücudu üzerinde toksik etkilere ve DNA hasarına sebep olabilmektedir (Baranowska-Wójcik vd., 2020).

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada Düzce kent merkezinde yetişen odunsu türlerin ana gövdelerinden alınan odun numuneleri kullanılmıştır. Düzce, Avrupa'nın havası en kirli 5 şehirden birisidir (Koc vd., 2024). Çalışma 15 türün ana gövdesinden alınan odun örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu türler; *Pinus nigra*, *Juglans nigra*, *Gleditsia triacanthos*, *Cupressus arizonica*, *Prunus avium*, *Populus alba*, *Platanus orientalis*, *Abies nordmanniana*, *Tilia tomentosa*, *Fraxinus excelsior*, *P. pinaster*, *C. sempervirens*, *Picea orientalis*, *Pseudotsuga menziesii* ve *Cedrus atlantica* 'dır.

Çalışmaya konu ağaçların ana gövdelerinden yerden yaklaşık 50 cm yükseklikten gövde kütüğü örnekleri alınmıştır. Örnekler kütükler üzerinde üç yöne doğru beşer noktadan alınmıştır. Talaş şeklinde alınan numuneler cam petri kaplarına konularak 15 gün kurumaları için bekletilmiş, daha sonra etüvde 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulmuş numunelerden 0,5 gr alınarak üzerine 6 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ eklenerek mikro dalga fırınına yerleştirilmiştir. Çözelti haline gelen numuneler balon jöjelere alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlandıktan sonra ICP-OES cihazı ile analiz edilmiş, elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılarak Ti konsantrasyonları hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalarda sıkça kullanılan bir yöntemdir (Yayla vd., 2022; Erdem vd., 2024; Sevik vd., 2024).

Elde edilen verilere Varyans analizi uygulanarak istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde (P<0,05) anlamlı farklılıklar bulunan faktörler için Duncan testi uygulanmış, elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

Ti konsantrasyonlarının çalışmaya konu türlerin odunlarındaki en düşük ve en yüksek konsantrasyonları ile standart sapma ve ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ti konsantrasyonlarının tür bazında değişimi

Tür	En düşük	En yüksek	Standart Sapma	Ortalama
<i>Pinus nigra</i>	2602,0	7655,3	1933,13	4047,90
<i>Juglans nigra</i>	1929,7	2478,2	182,81	2175,85
<i>Gleditsia triacanthos</i>	2255,3	2655,4	136,09	2481,98
<i>Cupressus arizonica</i>	2495,3	6652,4	1569,83	4130,10
<i>Prunus avium</i>	2479,0	2794,9	97,19	2700,93
<i>Populus alba</i>	2765,7	5629,6	1040,39	3681,38
<i>Platanus orientalis</i>	2759,4	3745,7	366,23	3106,80
<i>Abies nordmanniana</i>	5430,1	7524,6	876,87	6454,69
<i>Tilia tomentosa</i>	105,0	386,1	93,97	230,05
<i>Fraxinus excelsior</i>	45,0	164,4	41,47	115,50
<i>Pinus pinaster</i>	448,8	1189,0	298,65	779,58
<i>Cupressus sempervirens</i>	276,4	2104,2	704,20	1433,75
<i>Picea orientalis</i>	214,6	561,2	129,53	336,97
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1132,3	4129,4	1349,47	2341,19
<i>Cedrus atlantica</i>	508,4	2088,4	365,95	1275,07

Ti konsantrasyonlarının değişimi incelendiğinde tür bazında en düşük değerlerin sırasıyla *Fraxinus excelsior* (115,50 ppb), *Tilia tomentosa* (230,5 ppb), *Picea orientalis* (336,97 ppb) ve *Pinus pinaster* (779,58 ppb) türlerinde elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise *Abies nordmanniana* (6454,69 ppb), *Cupressus arizonica* (4130,10 ppb) ve *Pinus nigra* (4047,90 ppb) türlerinin odunlarında elde edilmiştir.

Abies nordmanniana'da elde edilen değer *Fraxinus excelsior*'da elde edilen değer 55 katından fazla olması dikkat çekmektedir. Bu sonuç türlerin ağır metal biriktirme potansiyelleri arasında ne kadar büyük fark olabileceğinin önemli bir göstergesidir.

Tabloda dikkat çeken bir başka husus ise bazı türlerde en düşük ve en yüksek değerler arasında oldukça yüksek düzeyde fark olmasıdır. Örneğin *Populus alba*'da Ti konsantrasyonunun 2765,7 ppb ile 5629,6 ppb arasında değiştiği ve ortalama 3681,38 ppb olduğu belirlenmiştir. *Populus alba*'da elde edilen en yüksek değer (5629,6 ppb) ortalama olarak sadece *Abies nordmanniana*'da elde edilen değerden düşük olup, diğer türlerin tamamında elde edilen ortalama değerlerden yüksektir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda Ti konsantrasyonunun tür bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuç beklenen bir sonuçtur çünkü bu zamana kadar yapılan çok sayıda çalışmada ağır metal biriktirme potansiyelinin tür bazında önemli ölçüde değişebildiği belirlenmiştir (Cobanoğlu vd., 2023; Canturk vd., 2024). Bununla birlikte odun kısmında belirlenen Ti konsantrasyonlarının çok yüksek düzeyde olabildiği görülmüştür ki bu sonuç son derece önemlidir. Çünkü odun kısmı ağaçların kütle olarak en büyük organı olmakla birlikte odun kısmı bitkinin hava ile doğrudan teması olmayan organıdır ve bundan dolayı odunlarda ağır metal birikimi diğer organlara göre çok daha düşük düzeydedir (Erdem vd., 2023; Koç vd., 2024). Bundan dolayı odun kısmında ağır metal biriktirebilen türler ağır metal kirliliğinin azaltılmasında ayrıca önem taşımaktadır.

Çalışmada kullanılan türler özellikle kentsel alanlarda peyzaj çalışmalarında sıklıkla tercih edilen türlerdir ve özellikle *Abies nordmanniana*, *Cupressus arizonica* ve *Pinus nigra* gibi türlerin odunlarında Ti konsantrasyonlarının oldukça yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu türlerin hem yüksek düzeyde Ti biriktirebilmesi hem de sağlıklı bir şekilde gelişimlerine devam edebilmesi, ağır metal kirliliğinin azaltılmasında son derece etkin olarak kullanılabileceklerini göstermektedir. Nitekim yapılan çalışmalarda kentsel alanlardaki ağır metal kirliliğinin kırsal bölgelere göre çok daha yüksek düzeyde olduğu (Istanbullu vd., 2023; Cobanoğlu vd., 2023), hem ağır metal konsantrasyonlarının birbirleri ile yüksek düzeyde korelasyon gösterdiği (Şevik vd., 2024) hem de çalışmaya konu türlerin diğer ağır metalleri de yüksek düzeyde odunlarında biriktirebildiği (Koc vd., 2024; Yigit, 2024) belirlenmiştir. Bu sonuçlar, *Abies nordmanniana*, *Cupressus arizonica* ve *Pinus nigra* gibi türlerin hem kentsel alanlardaki yüksek kirlilik düzeyinde normal gelişimlerine devam edebildiğini hem de bünyelerinde yüksek düzeyde kirlilik etmenini biriktirebildiklerini göstermektedir. Bu sonuç son derece önemlidir çünkü kentsel alanlarda birim alanda yaşayan insan miktarı çok daha fazla olduğundan kentsel alanlarda kirlilik daha büyük sorun teşkil etmektedir (Bayraktar vd., 2022; Mütevelli Özkan vd., 2024; Zeyad vd., 2024; Sevik vd., 2024). Bundan dolayı kentsel alanlardaki kirliliği azaltabilecek etkin araçlara

ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek yapılı odunsu ağaçlar bu amaç için son derece uygun araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Şevik vd., 2024; Yigit, 2024).

Çalışma sonucunda ortaya çıkan bir diğer önemli sonuç da aynı türün farklı bireylerinde elde edilen Ti konsantrasyonları arasında önemli ölçüde fark olmasıdır. Bitkilerin ağır metalleri bünyesine alma ve biriktirme potansiyeli ağır metalin yapısı ve bitki ile etkileşimi yanında organ yapısı, hava halleri, bitki habitusu gibi çok sayıda faktöre bağlıdır (Erdem vd., 2023; Key vd., 2023). Bu faktörler de başka faktörler ile bağlantılıdır. Örneğin; bitki fizyolojisi genetik yapı (Atar vd., 2020; Ozturk vd., 2022; Turna vd., 2024) ile çevre şartlarının (Özel vd., 2024) etkisi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla bitki fizyolojisini etkileyen bütün faktörler de aynı zamanda ağır metallerin bitki içerisine girişi ve birikimini etkilemektedir ki bitki fizyolojisi genetik yapı (Guney vd., 2023; Kurz vd., 2023), edafik (Kuzmina vd., 2023; Tandogan vd., 2023), iklimik (Koc, 2022; Aricak vd., 2024; Yaşar İsmail vd., 2024) faktörler, stres faktörleri (Koc ve Nzokou, 2022; Atar vd., 2024) gibi çok sayıda birbirini etkileyen faktörün karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla bu faktörlerin birçoğu doğrudan ve dolaylı olarak bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyelini etkilemektedir ki bu karmaşık mekanizma konusunda bilgiler halen sınırlı düzeydedir (Isinkaralar vd., 2022).

KAYNAKÇA

- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts That May Appear in Climate Classifications in Bursa Due to Global Climate Change, *Forestist*, 74, 129-137.
- Atar, E., Yücesan, Z., Atar, F., & Üçler, A. Ö. (2024). Effect of Drought Stress on Physiological and Biochemical Traits of *Quercus petraea* subsp. *iberica* Seedlings and Analysis of the Relationship with Morphological Traits. *Austrian Journal of Forest Science/Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 141(2), 81-110.
- Atar, F., Güney, D., Bayraktar, A., Yıldırım, N., & Turna, İ. (2020). Seasonal change of chlorophyll content (spad value) in some tree and shrub species. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 245-256.
- Baranowska-Wójcik, E., Szwajgier, D., Oleszczuk, P., & Winiarska-Mieczan, A. (2020). Effects of titanium dioxide nanoparticles exposure on human health-a review. *Biological Trace Element Research*, 193, 118-129.
- Bayraktar, O. Y., Yılmazoğlu, M., Mütevellî, İ., Çetin, M., Çitoğlu, G. S., Dadula, C. P., & Dadula, D. P. (2022). Usability of organic wastes in concrete production; Palm leaf sample. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 69-77.
- Canturk, U., Koç, İ., Ozel, H.B., Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(44), 56056-56066. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Erdem, R., Aricak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.

- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93
- Ertürk, N., Arıcak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024). Possible change in distribution areas of *Abies* in Kastamonu due to global climate change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24(1), 81-91.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 75768-75776.
- Güney, D., Koc, I., Isinkaralar, K., & Erdem, R. (2023). Variation in Pb and Zn concentrations in different species of trees and shrubs and their organs depending on traffic density. *Baltic Forestry*, 29(2), id661-id661.
- Isinkaralar K, Koc I, Erdem R, Sevik H (2022) Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye, *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Özel, H.B. & Sevik, H. (2024) A Comparative Study About Physical Properties of Copper Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles on *Fagus orientalis* L. as Bioindicator. *Water Air Soil Pollut* 235, 738 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07551-1>
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 110(4), 78.
- Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., Li, Z., Bodur, B., Yılmazoğlu, M. U., & Alcan, B. A. (2023). Improving the eco-efficiency of fiber reinforced composite by ultra-low cement content/high FA-GBFS addition for structural applications: Minimization of cost, CO₂ emissions and embodied energy. *Journal of Building Engineering*, 76, 107280.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 244.

- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120.
- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2024). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2059-2070.
- Koç, İ. (2022). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu university journal of forestry faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do Various Conifers Respond Differently to Water Stress? A Comparative Study of White Pine, Concolor and Balsam Fir. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(1), 1-16.
- Kurz, M., Kölz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csilléry, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest ecology and management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., ... & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792.
- Müteveli Özkan, İ. G., Aldemir, K., Alhasan, O., Benli, A., Bayraktar, O. Y., Yılmazoğlu, M. U., & Kaplan, G. (2024). Investigation on the sustainable use of different sizes of sawdust aggregates in eco-friendly foam concretes: Physico-mechanical, thermal insulation and durability characteristics. *Construction and Building Materials*, 438, 137100.

- Ozturk, M., Coskuner, K. A., Serdar, B., Atar, F., & Bilgili, E. (2022). Impact of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection severity on morphology, anatomy and photosynthetic pigment content of the needles of cilicican fir (*Abies cilicica*). *Flora*, 294, 152135.
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of silver nanoparticles on germination and seedling characteristics of Oriental beech (*Fagus orientalis*) seeds. *BioResources*, 19(2), 2135-2148.
- Sevik, H., Koç, İ. & Cobanoglu, H. (2024). Determination of some exotic landscape species as biomonitors that can be used for monitoring and reducing Pd pollution in the air. *Water Air Soil Pollut* 235, 615. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07429-2>
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, development and sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-13.
- Şevik, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024). Phytoremediation and long-term metal uptake monitoring of silver, selenium, antimony, and thallium by black pine (*Pinus nigra* Arnold)”, *BioResources*, 19(3), 4824-4837.
- Tandogan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., & Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources*, 18(2), 3496-3508.
- Turna, İ., Atar, F., Güney, D., & Turna, H. (2024). Agroforestry uygulamalarından olan rüzgâr perdelerinin tarımsal alanlarda kullanımı. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 65-80.
- Yaşar İsmail, T.S., İsmail M.D., Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2024). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected landscape plants and their potential for pollution mitigation. *Forestist*, Published online November 21, 2024. doi:10.5152/forestist.2024.24071.

- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 687.
- Yigit, N. (2024). Determination of sixteen woody species' ability to sequester Sr, Mo, and Sn pollutants. *BioResources*, 19(4), 7842-7855.
- Zeyad, A. M., Bayraktar, O. Y., Tayeh, B. A., Öz, A., Özkan, İ. G. M., & Kaplan, G. (2024). Impact of rice husk ash on physico-mechanical, durability and microstructural features of rubberized lightweight geopolymer composite. *Construction and Building Materials*, 427, 136265.

BÖLÜM XI

HAVADAKİ LİTYUM KONSANTRASYONLARININ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİNDE VE KİRLİLİĞİN AZALTILMASINDA KARAÇAMIN KULLANILABİLİRLİĞİ

Dr. Hatice ÇOBANOĞLU¹

Doç. Dr. İsmail KOÇ²

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514769>

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye. haticecobannoglu@gmail.com,
Orcid ID: 0000-0001-9136-574X

² Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye.
ismailkoc@duzce.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5847-9155

³ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye.
semsettinkulac@duzce.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-8398-3246

1. GİRİŞ

Günümüzde, dünya genelindeki en önemli sorunların başında hava kirliliği gelmektedir (Koc vd., 2024). Pek çok araştırmacı tarafından hava kirliliği, küresel ölçekte geri döndürülemez olarak kabul edilen küresel iklim değişikliği ve kentleşme ile beraber en önemli küresel sorun olarak kabul edilmektedir (Sevik vd., 2024). Hava kirliliğinin dünya genelinde yılda yaklaşık 6 milyon erken doğuma, 3 milyon düşük kilolu bebeğe ve 7 milyon erken ölüme neden olduğu belirtilmektedir (Isinkaralar vd., 2022; Şevik vd., 2024). Avrupa genelinde yaklaşık 2,5 milyon adet yaşam alanının kirlenmiş olduğu, dünya nüfusun yüzde 90'ının kirli hava soluduğu, her 8 ölümden birisinin hava kirliliği ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Ghoma vd., 2022; Sevik vd., 2024).

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde en tehlikeli ve zararlı olanları ise ağır metallerdir. Ağır metallerin birçoğu düşük konsantrasyonlarda dahi canlılar için zararlı ve toksik iken, besin elementi olarak canlı bünyeleri için gerekli olanların dahi yüksek konsantrasyonlarda zararlı olduğu belirtilmektedir (Koc vd., 2024; Key vd., 2023). Üstelik ağır metallerin solunum yoluyla insan vücuduna alınması durumunda çok daha zararlı olabildiği bilinmektedir (Ghoma vd., 2022). Ağır metallerin potansiyel zararlarından dolayı hem havadaki kirliliğinin değişiminin izlenmesi hem de kirliliğin azaltılması öncelikli araştırma konularındandır (Canturk vd., 2024; Koç vd., 2024).

Ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve kirliliğinin azaltılmasında kullanılan en etkin araçlar bitkilerdir. Özellikle yüksek hacme sahip uzun ömürlü odunsu türler bu amaç için son derece uygundur. Ağır metal kirliliğinin yıllar içerisindeki değişiminin izlenmesinde kullanılan ağaçların yıllık halkaları, çok uzun süreç içerisindeki değişim konusunda önemli bilgiler sağlayabilmektedir (Sulhan vd., 2023; Cobanoğlu vd., 2023). Bunun yanında bir ağacın odun kısmı yüksek kütleye sahip olması dolayısıyla çok miktarda ağır metali bünyesinde biriktirebilmekte ve uzun ömürlü olması dolayısıyla da onlarca hatta yüzlerce yıl ağır metalleri doğadan uzak tutmaktadır. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve kirliliğinin azaltılmasında yüksek yapılı ağaçların odun kısmı son derece elverişlidir (Koc vd., 2024).

Bu çalışmada da havadaki lityum (Li) kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve kirliliğinin azaltılmasında *Pinus nigra*'nın kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Li'nin canlılar açısından bilinen bir biyolojik kullanımı yoktur ve yaşam için gerekli bir element değildir. NOHSC (National Occupational Health and Safety Commission) metalik Li'yi sağlık, fizyokimyasal ve/veya ekotoksikolojik tehlike olarak sınıflandırmıştır (Aral ve Vecchio-Sadus, 2008). Li elementi serbest kaldığında çok hızlı bir şekilde besin zincirine katılabilmektedir. Suyu karışması ve diğer elementlerin yerine geçebilmesinden dolayı canlı bünyesine de çok hızlı bir şekilde alınabilmekte ve canlı yaşamını tehdit edebilmektedir (Özel vd., 2024). Buna rağmen Li kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve kirliliğin azaltılması konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Kastamonu ilinde yetişen karaçam (*Pinus nigra*) ağacının gövdesinden alınan kütükler üzerinde gerçekleştirilmiştir. 2023 yılı vejetasyon mevsimi sonunda yerden yaklaşık 50 cm yukardan kesilerek yaklaşık 10 cm kalınlığında kütük örneği alınmıştır. Kütük örneğindeki yıllık halkaların net bir şekilde görülebilmesi amacıyla planya yardımıyla silinerek temizlenmiş ve yıllık halkalar sayılmıştır. Ağacın 356 yaşında olduğu belirlenmiş ve yıllık halka genişlikleri dikkate alınarak dıştan içe (yeniden eskiye doğru) onar yıllık şekilde gruplandırılmıştır. Çelik matkap ucu kullanılarak her yaş aralığındaki odunlardan rastgele üç yönde örnekler alınmıştır. Alınan örnekler cam petri kaplarına yerleştirilerek 15 gün boyunca oda ısısında kurutulduktan sonra etüvde 45 °C'de bir hafta daha kurutulmuştur.

Kurutulan örneklerden 0,5 gr alınarak üzerine 6 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ eklenmiş ve söz konusu analizler için tasarlanmış mikro dalga fırınına yerleştirilmiştir. Çözelti haline gelen numuneler balon jodelere alınarak ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan numuneler ICP-OES cihazı ile analiz edilmiş, elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılarak Li konsantrasyonları hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan bu yöntem son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalarda sıkça kullanılan bir yöntemdir (Key vd., 2022; Isinkaralar vd., 2022).

Elde edilen verilere SPSS paket programı yardımıyla Varyans analizi uygulanarak yaş aralıkları arasında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde (p<0.05) anlamlı farklılıklar bulunup bulunmadığı belirlenmiştir. Bu farklılığın var olduğu belirlendikten sonra verilere Duncan testi

uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuştur. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolastırılarak yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

Li konsantrasyonlarının *Pinus nigra* odunlarında dönem bazında değişimine ilişkin ortalama değerler ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Li konsantrasyonlarının dönem bazında değişimi

Dönem	Li (ppb)	Homojen gruplar
1764-1773	2448,9	a
1754-1763	2665,1	b
1744-1753	2842,9	c
1734-1743	2981,8	d
1724-1733	3193,1	e
1694-1703	3205,6	e
1704-1713	3258,4	e
1714-1723	3298,8	e
1684-1693	3430,1	f
1674-1683	3500,9	f g
1994-2003	3519,0	f g
2004-2013	3531,4	f g h
1944-1953	3536,7	f g h
1784-1793	3543,7	f g h
1834-1843	3549,3	f g h i
1804-1813	3573,6	g h i j
1824-1833	3611,4	g h i j k
1844-1853	3633,6	g h i j k l
1964-1973	3636,3	g h i j k l
1934-1943	3666,4	h i j k l m
1794-1803	3669,5	h i j k l m n
1974-1983	3681,5	i j k l m n
1814-1823	3697,1	j k l m n o
1864-1873	3699,5	j k l m n o
1774-1783	3700,6	j k l m n o

2014-2023	3720,5	k l m n o
1854-1863	3721,8	k l m n o
1884-1893	3727,2	k l m n o
1874-1883	3736,3	k l m n o
1894-1903	3739,0	k l m n o
1924-1933	3741,7	k l m n o
1954-1963	3760,3	l m n o
1914-1923	3807,2	m n o
1904-1913	3809,2	n o
1984-1993	3835,9	o

Li konsantrasyonunun geçmişten günümüze değişimi incelendiğinde en düşük değer 1764-1773 yıllarında (2448,9 ppb) elde edildiği, genel olarak da en düşük değerlerin 1734-1773 yılları arasında elde edildiği görülmektedir. Duncan testi sonucunda veriler 15 homojen grup oluştururken en düşük değerlerin elde edildiği 1734-1773 yıllarında elde edilen değerlerin her birisi ayrı bir grup oluşturmuştur. 1774-1783 döneminde ise ani bir yükseliş yaşanmış, bu dönemden sonra da Li konsantrasyonunda belirgin bir düşüş görülmemiştir. 1774-1783 döneminden önce 3500 ppm sınırını aşmayan (sadece 1764-1773 döneminde 3500,9 ppm) Li konsantrasyonu 1774-1783 döneminden sonra 3500 ppm sınırının altına inmemiştir.

En yüksek Li konsantrasyonunun elde edildiği 1984-1993 dönemi Duncan testi sonucunda son homojen grupta yer alırken bu grupta toplam 13 dönem yer almaktadır ki bu sonuca göre 1774-1783 döneminden sonra Li konsantrasyonunun sınırlı bir aralıkta değişim gösterdiği söylenebilir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda karaçamın hem odun hem de kabuk kısımlarında Li elementini önemli miktarda biriktirebildiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Li konsantrasyonunun karaçam odununda 3800 ppb'yi aşabildiği belirlenmiştir ki bu değer oldukça yüksek bir değerdir. Bu durum havadaki Li kirliliğinin azaltılmasında karaçamın kullanılabileceği şeklinde yorumlanabilir. Çünkü odun kısmı ağaçların kütle olarak en büyük organı olmakla birlikte pek çok ağır metalin odun kısmında birikimi sınırlı seviyededir ve yapılan çalışmalarda genel olarak en düşük ağır metal konsantrasyonları odunda elde edilmektedir (Erdem vd., 2023; Koç vd.,

2024). Bundan dolayı odun kısmında ağır metal biriktirebilen türler ağır metal kirliliğinin azaltılmasında ayrıca önem taşımaktadır.

Li son dönemlerin yenilikçi endüstride yaygın olarak tercih edilmektedir. Organik sentez, cam, plastik ve alüminyum üretiminde, radyo mühendisliği, bilgisayarlar, kameralar, telefon pilleri, elektronik ve lazer cihazları için kullanılmaktadır. Bu kullanımların artması ile biyosferdeki Li miktarıda artmaktadır (Kashin, 2019). Yapılan çalışmalarda bitkilerdeki Li birikiminin trafik kaynaklı olabildiği belirtilmiştir (Ozel vd., 2023). Dolayısıyla Li kirliliği özellikle kentsel alanlarda artmaktadır ve sağlık riski taşımaktadır. Çünkü kentsel alanlarda birim alanda çok sayıda insan yaşamakta ve bu alanlarda antropojenik kaynaklı kirlilik miktarı da oldukça yüksek olmaktadır (Mütevelli Özkan vd., 2024; Zeyad vd., 2024; Sevik vd., 2024). Birim alanda yaşayan insan miktarı daha fazla olduğundan kentsel alanlarda kirlilik daha büyük sorun teşkil etmektedir.

Ağır metaller bitki bünyesine köklerden, yapraklardan veya gövde bölümlerinden girebilmektedir (Cobanoğlu vd., 2023). Ağır metallerin bitkilerde birikimi sıklıkla partikül maddeler ile ilişkilendirilmektedir. Ağır metaller kaynağından ayrıldıktan sonra havadaki partikül maddeleri enfekte etmekte ve ağır metal yutağı haline gelen partikül maddeler ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Sulhan vd., 2023; Yayla vd., 2022). Özellikle kentsel alanlarda trafik, araç aşınmaları, inşaat faaliyetleri, yakıt yakma gibi antropojenik faaliyetler sonucu partikül madde miktarı önemli ölçüde artmaktadır ve bu partikül maddeler genellikle ağır metallerle enfektir (Bayraktar vd., 2022; Key vd., 2022;). Bundan dolayı kentsel alanlardaki kirlilik ayrı bir önem taşımaktadır ve insan sağlığı üzerinde ciddi bir tehdittir (Memiş vd., 2016; Isinkaralar vd., 2024). Avrupa çevre ajansının verilerine göre atmosferdeki ince partikül yapıdaki kirleticilerin 2018 yılında 400.000'den fazla insanın ölümüne sebebiyet verdiği belirtilmektedir. Avrupa Ekonomik Alanında yer alan ülkelerde her yıl her yıl 18 yaş altı kişilerde 1.200'den fazla ölümün hava kirliliğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu ölümlerin birçoğu da ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddelerden kaynaklanmaktadır (EEA, 2024).

Bundan dolayı kentsel alanlarda ağır metal ve partikül madde kirliliğinin azaltılması insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla kullanılacak en etkin araçların başında bitkiler

gelmektedir. Bitkiler hava kirliliğinin her türlüünü azalttığı gibi ağır metal kirliliğini de önemli ölçüde azaltabilmektedir (Guney vd., 2023). Ancak yapılan çalışmalar her bir ağır metalin farklı bitkilerde farklı düzeyde biriktirilebildiğini ortaya koymaktadır (Isinkaralar vd., 2022).

Çünkü bitkilerin ağır metalleri bünyesine alma ve biriktirme potansiyeli birbirini etkileyen çok sayıda faktöre bağlıdır. Örneğin, ağır metal birikimi bitki fizyolojisine bağlıdır ve bitki fizyolojisi de genetik yapı ile çevre şartlarının karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir (Atar vd., 2020; Ozturk vd., 2022; Turna vd., 2024; Şevik vd., 2024). Dolayısıyla bitki fizyolojisini etkileyen bütün faktörler de aynı zamanda ağır metallerin bitki içerisine girişi ve birikimini etkilemektedir ki bitki fizyolojisi genetik yapı (Erturk vd., 2024; Erdem vd., 2024) yanında, edafik ve iklimatik (Arıçak vd., 2024; Cantürk vd., 2024; Yaşar İsmail vd., 2024) faktörler, stres faktörleri (Koç ve Nzouko, 2022; Atar vd., 2024) gibi çok sayıda birbirini etkileyen faktörün karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Ancak bu mekanizmalar henüz tam olarak çözülebilmemiş değildir. Bundan dolayı konu ile ilgili çalışmaların kontrollü ortamlarda yapılarak daha detay bilgilere ulaşılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aral H, & Vecchio-Sadus A. (2008). Toxicity of lithium to humans and the environment-a literature review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(3), 349-356.
- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts that may appear in climate classifications in Bursa due to global climate change, *Forestist*, 74, 129-137.
- Atar, E., Yücesan, Z., Atar, F., & Üçler, A. Ö. (2024). Effect of Drought Stress on Physiological and Biochemical Traits of *Quercus petraea* subsp. *iberica* Seedlings and Analysis of the Relationship with Morphological Traits. *Austrian Journal of Forest Science/Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 141(2), 81-110.
- Atar, F., Güney, D., Bayraktar, A., Yıldırım, N., & Turna, İ. (2020). Seasonal change of chlorophyll content (spad value) in some tree and shrub species. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 245-256.
- Bayraktar, O. Y., Yılmazoğlu, M., Müteveli, İ., Çetin, M., Çitoğlu, G. S., Dadula, C. P., & Dadula, D. P. (2022). Usability of organic wastes in concrete production; Palm leaf sample. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 69-77.
- Canturk, U., Koç, İ., Ozel, H.B., Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(44), 56056-56066. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- EEA, 2024, Air pollution, <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>
- Erdem, R., Aricak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.

- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of Magnesium, One of the Macronutrients, in Some Trees Based on Organs and Species. *Forestist*, 74(1), 84-93
- Ertürk, N., Arıcak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024). Possible Change in Distribution Areas of Abies in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24(1), 81-91.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality Atmosphere & Health* 15, 415-424
- Guney, D., Koc, I., Isinkaralar, K., & Erdem, R. (2023). Variation in Pb and Zn concentrations in different species of trees and shrubs and their organs depending on traffic density. *Baltic Forestry*, 29(2), id661-id661.
- Isinkaralar K, Koc I, Erdem R, Sevik H (2022) Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye, *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Özel, H.B. & Sevik, H. (2024) A Comparative Study About Physical Properties of Copper Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles on *Fagus orientalis* L. as Bioindicator. *Water Air Soil Pollut* 235, 738 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07551-1>
- Kashin VK. (2019). Lithium in soils and plants of Western Transbaikalia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 52(4); 359-369.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 244.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120.
- Koc, I., Cobanoğlu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2024). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2059-2070.

- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do Various Conifers Respond Differently to Water Stress? A Comparative Study of White Pine, Concolor and Balsam Fir. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(1), 1-16.
- Memiş, S., Yılmazoğlu, M. U., & Mütevellî, İ. G. (2016). Kastamonu İlinde Kullanılan Betonların Nicel Analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 756-764.
- Mütevellî Özkan, İ. G., Aldemir, K., Alhasan, O., Benli, A., Bayraktar, O. Y., Yılmazoğlu, M. U., & Kaplan, G. (2024). Investigation on the sustainable use of different sizes of sawdust aggregates in eco-friendly foam concretes: Physico-mechanical, thermal insulation and durability characteristics. *Construction and Building Materials*, 438, 137100.
- Ozel, H. B., Sevik, H., & Karacan, V. (2023). Change of Lithium concentration in *Cedrus atlantica* and *Pseudotsuga menziesii* tissues in the higher air-polluted areas. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 028-036.
- Ozturk, M., Coskuner, K. A., Serdar, B., Atar, F., & Bilgili, E. (2022). Impact of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection severity on morphology, anatomy and photosynthetic pigment content of the needles of cilicican fir (*Abies cilicica*). *Flora*, 294, 152135.
- Sevik, H., Koç, İ. & Cobanoğlu, H. (2024). Determination of Some Exotic Landscape Species As Biomonitors That Can Be Used for Monitoring and Reducing Pd Pollution in the Air. *Water Air Soil Pollut* 235, 615. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07429-2>
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, development and sustainability*, 25(5), 4365-4384.

- Şevik, H., Yıldız, Y., Ozel, H.B. (2024). Phytoremediation and long-term metal uptake monitoring of silver, selenium, antimony, and thallium by black pine (*Pinus nigra* Arnold)”, *BioResources*, 19(3). 4824-4837.
- Turna, İ., Atar, F., Güney, D., & Turna, H. (2024). Agroforestry uygulamalarından olan rüzgâr perdelerinin tarımsal alanlarda kullanımı. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 65-80.
- Yaşar İsmail, T.S., İsmail M.D., Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2024). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected landscape plants and their potential for pollution mitigation. *Forestist*, Published online November 21, 2024. doi:10.5152/forestist.2024.24071.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 687.
- Zeyad, A. M., Bayraktar, O. Y., Tayeh, B. A., Öz, A., Özkan, İ. G. M., & Kaplan, G. (2024). Impact of rice husk ash on physico-mechanical, durability and microstructural features of rubberized lightweight geopolymer composite. *Construction and Building Materials*, 427, 136265.

BÖLÜM XII

BAZI AĞAÇLARDA KÜKÜRT KONSANTRASYONUNUN TÜR, ORGAN VE YÖN BAZINDA DEĞİŞİMİ

Doç. Dr. Ramazan ERDEM¹

Prof. Dr. Burak ARICAK²

Doç. Dr. İnci Sevinç KRAVKAZ KUŞÇU³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514773>

¹ Kastamonu Üniversitesi, Araç Rafet Vergili MYO, Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı, Kastamonu, Türkiye. rdem@kastamonu.edu.tr,
Orcid ID: 0000-0001-6620-8953

² Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı Geodezi ve Fotogrametri Ana Bilim Dalı, Bursa, Türkiye.
burak.aricak@btu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0011-7199

³ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmî ve Ekolojisi Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye. ikravkaz@kastamonu.edu.tr,
Orcid ID: 0000-0001-8519-4681

1. GİRİŞ

Dünya genelinde, son yüzyılda gelişen sanayi faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı etkileri ile, kentleşme (Bayraktar vd., 2022; Kaplan vd., 2023; Zeyad vd., 2024) ve küresel iklim değişikliği (Cantürk vd., 2024; Erturk vd., 2024) geri döndürülemez küresel sorunlar haline gelmiştir. Bu sorunlarla ilişkili olarak ortaya çıkan ve yine büyük oranda sanayi faaliyetler ve insan aktivitelerine bağlı olarak oluşan bir diğer küresel sorun da çevre kirliliğidir (Isinkaralar vd., 2024a). Özellikle hava kirliliği küresel boyutta insan sağlığını tehdit eden, her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölümüne sebep olduğu bildirilen büyük bir sorundur (Ghoma vd., 2023). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verileri, küresel nüfusun neredeyse tamamının (%99) DSÖ tarafından belirlenen sınırları aşan ve yüksek düzeyde kirletici içeren hava soluduğunu, düşük ve orta gelirli ülkelerin en yüksek maruziyetten muzdarip olduğunu göstermektedir (DSÖ, 2024).

Ağır metaller, hava kirliliği bileşenleri içerisinde insan ve çevre sağlığı açısından en tehditkar olanlarıdır (Key vd., 2022). Bazı ağır metaller düşük konsantrasyonlarda dahi canlılar için tehlikeli, toksik, kanserojen ve ölümcül olabilmektedir (Koc vd., 2024). Hatta canlılar için besin elementi olarak gerekli olanlar bile yüksek konsantrasyonlarda zararlı olabilmektedir ve özellikle solunum yolu ile insan bünyesine girerek çok daha tehlikeli olabilmektedirler (Key vd., 2022).

Bu kapsamda değerlendirilebilecek ağır metallere birisi de kükürt (S) elementidir. S, canlılar için mutlak gerekli makro besin elementlerindedir (Erdem vd., 2024). Ancak aynı zamanda en önemli hava kirleticilerindedir. Oksijen ile bileşik oluşturduğunda ortaya çıkan SO₂ insan sağlığı açısından en zararlı gazlardandır ve ölüme sebebiyet verebilmektedir (Orellano vd., 2021). Bundan dolayı havadaki S kirliliğinin azaltılması büyük önem taşımaktadır.

Havadaki ağır metal kirliliğinin azaltılmasında kullanılacak en etkin enstrümanların başında bitkiler gelmektedir. Özellikle odun kısmında ağır metalleri biriktirebilen türler odun kısmının bitkilerin kütle olarak en büyük organı olmasından dolayı bu amaç için son derece uygundur. Bu türler çok uzun yıllar ağır metalleri bünyesinde hapseder ve büyük oranda ağır metali havadan uzaklaştırabilir (Koc vd., 2024; Ozturk Pulatoglu vd., 2025). Ancak, bu amaç için kullanılacak en uygun türlerin her bir element için ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında da kentsel alanlarda

sıklıkla yetiştirilen bazı yüksek yapılı ağaçların odun kısımlarında S ağır metali biriktirebilme potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Düzce kent merkezinde yetişen bazı yüksek yapılı ağaçlar üzerinde yürütülmüştür. Çalışma alanı olarak Düzce'nin seçilme sebebi, bu güne kadar yapılan çalışmalarda ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğunun belirlenmiş olmasıdır ve Düzce, 2021 Dünya Hava Kirliliği raporuna göre Avrupa'nın havası en kirli 5 şehri arasında yer almaktadır (Koc vd., 2024; Canturk vd., 2024; Sevik vd., 2024). Çalışma kapsamında Düzce kent merkezinde yetişen *Pinus pinaster* (Pp), *Cupressus arizonica* (Cpa), *Picea orientalis* (Po), *Cedrus atlantica* (Cda) ve *Pseudotsuga menziesii* (Pm) türlerinden çelik matkap kullanılarak dış kabuk (DK), iç kabuk (İK) ve odunlardan (OD) örnekler alınmıştır.

Talaş şeklinde alınan numuneler cam petri kaplarına konularak 15 gün boyunca hava kurusu haline gelmeleri için petrilerin ağızları açık şekilde bekletilmiştir. Devamında örnekler etüvde 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulmuş numunelerden 0,5 gr alınarak üzerine 6 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ eklenmiş ve söz konusu analizler için tasarlanmış mikro dalga fırınına yerleştirilmiş, çözelti haline gelen numuneler balon jojelere alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan numuneler ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spectrometer, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Melbourne, Australia) cihazı ile analiz edilmiş, elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılarak S konsantrasyonları hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalarda sıkça kullanılan bir yöntemdir (Key vd., 2023; Erdem vd., 2023; Canturk vd., 2024).

Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere Varyans analizi uygulanarak istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde (P<0,05) anlamlı farklılıklar bulunan faktörler için Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır. Böylece S konsantrasyonunun tür, organ ve yön bazında değişimi ayrı ayrı belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmaya konu türlerde S konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. S (mg kg⁻¹) konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

TUR	DK	İK	OD	F	Ort.
Pp	224,8 Ca	88,4 Ba	28,8 Aa	43,0***	28,8 a
Cpa	1249,8 Bc	1547,1 Cb	26,0 Aa	138,3***	26,0 a
Po	341,7 Ba	359,8 Ba	30,1 Aa	53,3***	30,1 a
Cda	560,6 Bb	128,9 Aa	74,1 Ab	133,7***	74,1 b
Pm	322,1 Ba	67,6 Aa	10,6 Aa	36,0***	10,6 a
F	82,3***	27,9***	12,0***		12,0***
Ort.	539,8 B	478,4 B	42,1 A	68,3***	

*Harfler, Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmaları göstermektedir. Büyük harfler satırlardaki, küçük harfler sütunlardaki değerlerin gruplarını ifade etmektedir. F değerleri yanındaki simgeler varyans analizi sonucundaki önem düzeyini göstermektedir. Bu sembollerden ns;p>0,05 anlamına gelmektedir. Diğer semboller *:p<0,05; **:p<0,01 ve ***:p<0,001*

Tablo değerleri incelendiğinde bütün türlerde organ ve bütün organlarda tür bazında S konsantrasyonunun istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonucunda ortalama değerlere göre en düşük S konsantrasyonlarının odunda elde edildiği belirlenmiştir. Tür olarak ise Duncan testi sonucunda 2 grup oluşmuş, en yüksek ortalama değerinde elde edildiği Cda ikinci grubu oluştururken diğer türlerin tamamı ilk grupta yer almıştır. S konsantrasyonunun tür ve yön bazında değişimi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. S (mg kg⁻¹) konsantrasyonunun tür ve yön bazında değişimi

TUR	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	F	Ort.
Pp	208,1 Ba	63,0 Aa	52,6 Aa	75,0 A	13,9***	77,0 a
Cpa	659,5 b	412,6 b	481,2 b	431,8	0,3 ns	483,5 b
Po	270,4 a	88,5 a	133,3 a	124,9	2,1 ns	146,7 a
Cda	204,7 a	76,9 a	132,4 a	175,5	1,6 ns	148,8 a
Pm	116,1 Ba	172,1 Ca	93,0 Aa	486,7 D	21,5***	162,4 a
F	3,2*	4,7**	7,6***	2,1 ns		12,0***
Ort.	313,2	165,6	154,6	230,5	2,2ns	

Tablo 2’de görüldüğü üzere ortalama değerlere göre yön bazında değişim istatistiki olarak anlamsız düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$). Buna karşın Pp ve Pm türlerinde yön bazında değişim istatistiki olarak anlamlı düzeydedir. Tür bazında değişim ise sadece batı yönde anlamlı düzeyde değildir. Diğer yönlerde ve ortalama değerlere göre tür bakımından Duncan testi sonucunda 2 grup oluşmuş, en yüksek değerlerin elde edildiği Cpa ikinci grubu oluştururken diğer türlerin tamamı ilk grupta yer almıştır. S konsantrasyonunun türlerde organ ve yön bazında değişimi Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. S (mg kg^{-1}) konsantrasyonunun türlerde organ ve yön bazında değişimi

Tür	Org.	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	F Değeri
Pp	DK	377,0 D	69,6 Aa	252,7 Cc	200,0 Bb	6609***
	İK	LA	32,9 a	59,1 b	173,2 b	17399***
	OD	39,2 AB	74,8 Ba	18,2 Aa	19,2 Aa	4,8**
	F	98,4***	0,6 ns	219,8***	168,1***	
Cpa	DK	1350,6 Cb	1075,6 Ac	1143,9 Bc	1429,2 Db	729,3***
	İK	1798,2 Cc	944,6 Bb	729,4 Ab	2716,4 Dc	28107,8***
	OD	49,6 Ca	14,3 Aa	25,8 Ba	21,6 ABa	26,7***
	F	39653,2***	10669***	171508***	163159***	
Po	DK	647,4 Cc	198,7 Ac	191,5 Ab	329,3 Bb	2349,6***
	İK	256,6 Bb	121,3 Ab	418,1 Cc	643,0 Dc	10146,8***
	OD	88,9 Ba	16,9 Aa	19,0 Aa	21,8 Aa	7,4***
	F	84,0***	846,5***	702,2***	2921,2***	
Cda	DK	790,4 Cc	254,3 Ac	591,8 Bb	606,0 BCb	2856,8***
	İK	227,7 Cb	121,8 Bb	79,6 Aa	86,8 Aa	38,9***
	OD	83,0 Ba	21,3A a	74,3 Ba	107,1 Ca	27,4
	F	220,3***	676,9***	65,8***	219,6***	
Pm	DK	315,6 Cc	213,6 A	272,5 Bb	486,7 D	1386,5***
	İK	13,1 aB	LA	1,6 aA	LA	17291,1***
	OD	19,8 bB	LA	5,0 aA	LA	1808,3***
	F	337232,5***	-	9581,8***	-	

S konsantrasyonunun türlerde organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde Pp’de kuzey yönde iç kabukta, Pm’de doğu ve batı yönde iç kabuk ve odunda S konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kaldığı görülmektedir. En yüksek üç değer Cpa’da batı yönde iç kabuklarda ($2716,4 \text{ mg kg}^{-1}$), kuzey yönde iç kabuklarda ($1798,2 \text{ mg kg}^{-1}$) ve yine batı yönde dış

kabuklarda (1429,2 mg kg⁻¹) elde edilmiştir. Genel olarak dış kabuklarda kuzey yönde elde edilen değerlerin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Bunun dışında kabuklarla odunlardaki S konsantrasyonları arasında çok büyük fark olması dikkat çekmektedir. Odunlardaki en yüksek S konsantrasyonları Cda'da batı yönde (107,1 mg kg⁻¹), Po'da kuzey yönde (88,9 mg kg⁻¹) ve Cda'da kuzey yönde (83,0 mg kg⁻¹) elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre de odunlardaki en yüksek S konsantrasyonlarının Cda'da elde edildiği görülmektedir. Yön olarak ise Cda dışındaki bütün türlerde odunlarda kuzey yönde elde edilen değerler Duncan testi sonucunda son grupta yer almıştır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda çalışmaya konu elementlerin neredeyse bütün numunelerde belirlenebilir limitler dahilinde birikim yaptığı belirlenmiştir. Bu durum çalışmaya konu türlerin S biriktirme potansiyelinin yüksek düzeyde olduğunu göstergesidir. Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek olan türlerde aranan en önemli özellik, türün çalışmaya konu elementleri bünyesinde biriktirebilmesidir ve yapılan çalışmalar her türün farklı ağır metalleri biriktirme potansiyelinin farklı düzeyde olduğunu göstermektedir (Yayla vd., 2022; Erdem vd., 2023). Çünkü bitkilerin ağır metalleri bünyesine alma ve biriktirme potansiyeli pek çok faktörün karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir ve bu süreçte bitki anatomisi ve genetik yapısı önemli düzeyde rol oynar (Yigit, 2024; Öztürk Pulatoğlu 2024a). Genetik yapı, çevre faktörleri ile birlikte bitkinin bütün fenotipik karakterlerini şekillendirir (Atar vd., 2020; Ozturk vd., 2022; Turna vd., 2024; Özel vd., 2024). Bu süreçte bitki fizyolojisini etkileyen bütün faktörler de aynı zamanda ağır metallerin bitki içerisine girişi ve birikimini etkilemektedir ki bitki fizyolojisi genetik yapı (Guney vd., 2023; Hrivnak vd., 2024) yanında edafik (Kuzmina vd., 2023; Şevik vd., 2024b) ve iklimik (Dogan vd., 2024; Özdikmenli vd., 2024; Aricak vd., 2024) faktörler, stres faktörleri (Koc ve Nzokou, 2022; Atar vd., 2024; Güney vd., 2024) gibi çok sayıda birbirini etkileyen faktörün karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Her bir bitkinin bu faktörlere tepkisi ve bu faktörlerle etkileşimi farklı olduğundan, ağır metal biriktirme potansiyeli de tür bazında önemli ölçüde değişmektedir.

Özellikle ağaçların kütle olarak en büyük bölümünü oluşturan odun kısmında ağır metalleri biriktirebilen türler, ağır metal kirliliğinin azaltılmasında önemli bir avantaj sağlar (Koc vd., 2024; Şevik vd., 2024a). Bu sonuç, çalışmaya konu türlerin tamamının S konsantrasyonunun azaltılması amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak çalışmaya konu türler arasında bu amaç için en uygun tür, odunlarında yüksek miktarda S biriktirebilen Cda, en az uygun olan tür ise odunlardaki S konsantrasyonu en düşük olan Pm'dir.

Çalışma sonucunda genel olarak en yüksek değerler kuzey yönde elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgenin yakınından geçen ve Türkiye'nin en yoğun karayollarından olan Ankara-İstanbul karayolu, çalışma alanının kuzeyinden geçmektedir. Ayrıca bu yönde yoğun yerleşim alanları bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre S konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna veya yerleşim alanlarına bağlı olarak önemli ölçüde arttığı söylenebilir. Ağır metaller konusunda yapılan çalışmalarda da en önemli ağır metal kaynaklarının madencilik faaliyetleri (Kuzmina vd., 2023), sanayi faaliyetleri (İstanbulu vd., 2023), trafik (Cobanoğlu vd., 2023) ve kentsel alanlardaki antropojenik faaliyetler (Sevik vd., 2024) olduğu vurgulanmıştır.

Çalışma sonucunda genel olarak en yüksek S konsantrasyonları kabuklarda elde edilmiştir. Ağır metal bakımından kirli alanlarda dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olması kabuğun yapısı ve ağır metaller ile kontamine olması ile ilgilidir. Kirlilik kaynağına yakın olan alanlarda havadaki ağır metaller partikül maddeler üzerine yapışarak, partikül maddeleri ağır metaller ile kontamine etmekte ve bu partikül maddeler de bitki organları üzerine yerleşerek bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarını artırmaktadır (Cobanoğlu vd., 2023; Sulhan vd., 2023). Dış kabuk pürüzlü yüzey yapısına sahip olması dolayısıyla partikül maddeler burada kolayca tutunabilmekte ve böylece ağır metal kirliliğinin yoğun olduğu yöndeki kabuklarda ağır metal konsantrasyonları yüksek seviyelerde çıkmaktadır (Key vd., 2023; Çobanoğlu vd., 2023). Dolayısıyla ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda kabuklarda ağır metal konsantrasyonunun yüksek düzeyde çıkması olağandır ve bu durum çok sayıda çalışmada dile getirilmiştir (Key vd., 2022; Sevik vd., 2024; Koç vd., 2024).

Çalışma kapsamında önemli hava kirleticilerden olan S ağır metalinin farklı ağaçların organlarındaki konsantrasyonları belirlenerek, havadaki S kirliliğinin azaltılması için en uygun türün belirlenmesi amaçlanmıştır. Ağır metaller insan ve çevre sağlığı açısından en önemli tehdit unsurlarındandır ve bundan dolayı havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi ve azaltılmasında yüksek yapılı ağaçların kullanılabilirliği ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların ağır metal konsantrasyonlarının çok yüksek düzeylerde olabildiği belirlenmiştir. Bu çalışmaların bazılarında As (Yaşar İsmail vd., 2024), Ba, Sn (Öztürk Pulatoğlu vd., 2024a,b), Pd (Sevik vd., 2024), Cr (Koc vd., 2024), Bi (Isinkaralar vd., 2024b), Se (Şevik vd., 2024a), Ni (Koç vd., 2024), Sb (Canturk vd., 2024), Cd, V (Cebi Kılıcoğlu, 2024a,b) ve Sr (Yigit, 2024) gibi ağır metaller değerlendirilmiştir. Ancak S konusunda yapılmış detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Çalışma sonucunda çalışmaya konu bütün türlerde S konsantrasyonunun belirlenebilir limitler dahilinde birik yaptığı belirlenirken, en yüksek S değerleri organ olarak dış kabuklarda, yön olarak ise kuzey yönde elde edilmiştir. Bu sonuç bölgede S kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu, bu kirliliğin kentsel alanlar ve trafik kaynaklı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu güne kadar yapılan çok sayıda çalışmada da kentsel alanlarda kirlilik düzeyinin çok yüksek seviyede olduğu belirtilmektedir (Ozturk Pulatoglu, 2024; Sevik vd., 2025). Kentsel alanlardaki kirliliğin azaltılması için de çeşitli yöntemler araştırılmaktadır. Ancak bu alanda yapılan çalışmalar daha ziyade çevre kirliliğine sebep olan atıkların geri dönüşümü konusunda yoğunlaşmaktadır (Aluç ve Ahıskalı, 2023; Bayraktar vd., 2024; Ahıskalı vd., 2024; Özkan vd., 2024). Oysa özellikle havadaki ağır metal kirliliğini azaltmanın en etkin yollarından birisi hiperakümülatör bitki türlerini kullanmaktır. Özellikle odun kısmında ağır metalleri biriktirebilen türler, hava kirliliğinin azaltılmasına önemli düzeyde katkıda bulunurlar (Öztürk Pulatoğlu, 2024; Ergül ve Kravkaz Kuşçu, 2024). Bu çalışma sonuçlarına göre S kirliliği olan yerlerde özellikle *Cedrus atlantica*, kirliliğin azaltılmasında etkin olarak kullanılabilir. Bununla birlikte çalışma sonucunda çalışmaya konu türlerin tamamının S kirliliğinin azaltılmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Benzer çalışmaların daha fazla tür ve ağır metal dahil edilerek devam ettirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahıskalı, A., Ahıskalı, M., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., & Assaad, J. (2024). Mechanical And Durability Properties Of Polymer Fiber Reinforced One-Part Foam Geopolymer Concrete: A Sustainable Strategy For The Recycling Of Waste Steel Slag Aggregate And Fly Ash. *Construction And Building Materials*, 440, 137492.
- Aluç, S., & Ahıskalı, A. (2023). Application Of Mastic Asphalt Using Rubber Added Modified Bitumen. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları Ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 6(1), 95-107.
- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts That May Appear in Climate Classifications in Bursa Due to Global Climate Change, *Forestist*. 74, 129-137.
- Atar, E., Yücesan, Z., Atar, F., & Üçler, A. Ö. (2024). Effect of Drought Stress on Physiological and Biochemical Traits of *Quercus petraea* subsp. *iberica* Seedlings and Analysis of the Relationship with Morphological Traits. *Austrian Journal of Forest Science/Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 141(2).
- Atar, F., Güney, D., Bayraktar, A., Yıldırım, N., & Turna, İ. (2020). Seasonal change of chlorophyll content (spad value) in some tree and shrub species. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 245-256.
- Bayraktar, O. Y., Yilmazoğlu, M., Mütevellı, İ., Çetin, M., Çitoğlu, G. S., Dadula, C. P., & Dadula, D. P. (2022). Usability of organic wastes in concrete production; Palm leaf sample. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 69-77.
- Bayraktar, O. Y., Ahıskalı, A., Ahıskalı, M., Ekşioğlu, F., Kaplan, G., & Assaad, J. (2024). Feasibility Of Foam Concrete Using Recycled Brick And Roof Tile Fine Aggregates. *European Journal Of Environmental And Civil Engineering*, 1-19.
- Canturk, U., Koç, İ., Ozel, H.B., Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(44), 56056-56066. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>

- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214.
- Cebi Kilicoglu, M. (2024a). Metagenomic Characterization of Root Fungal Microbiota Resistant to Heavy Metal Stress in *Pinus brutia*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(10), 654.
- Cebi Kilicoglu, M. (2024b). Effects of heavy metal contamination on fungal diversity in *Pinus brutia* shoots. *BioResources*, 19(2), 2724-2735
- Cobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Comprehensive risk assessment for identifying suitable residential zones in Manavgat, Mediterranean Region. *Evaluation and program planning*, 106, 102465.
- DSÖ, 2024. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Erdem, R., Aricak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoglu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of Magnesium, One of the Macronutrients, in Some Trees Based on Organs and Species. *Forestist*, 74(1), 84-93
- Ergül, H. A., & Kravkaz Kuşçu, İ. S. (2024). Variations in Sr, Tl, and V concentrations at copper mining sites based on soil depth, plant species, and plant organ. *BioResources*, 19(4), 7931-7945
- Erturk, N., Aricak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024). Possible Change in Distribution Areas of *Abies* in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24(1), 81-91.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental science and pollution research*, 30(30), 75768-75776.
- Guney, D., Koc, I., Isinkaralar, K., & Erdem, R. (2023). Variation in Pb and Zn concentrations in different species of trees and shrubs and their

- organs depending on traffic density. *Baltic Forestry*, 29(2), id661-id661.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., Chavoshi, S. H., & Turna, İ. (2023). The effects of different rooting temperatures and phytohormones on the propagation of boxwood cuttings. *Baltic Forestry*, 29(1), id593-id593.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., ... & Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 451-464.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024b). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass conversion and biorefinery*, 14(18), 22561-22572.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Özel, H.B. & Sevik, H. (2024a) A Comparative Study About Physical Properties of Copper Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles on *Fagus orientalis* L. as Bioindicator. *Water Air Soil Pollut* 235, 738 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07551-1>
- Istanbulu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 110(4), 78.
- Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., Li, Z., Bodur, B., Yılmazoglu, M. U., & Alcan, B. A. (2023). Improving the eco-efficiency of fiber reinforced composite by ultra-low cement content/high FA-GBFS addition for structural applications: Minimization of cost, CO2 emissions and embodied energy. *Journal of Building Engineering*, 76, 107280.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 244.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120.

- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2024). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2059-2070.
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Koc, I., Nzokou, P. (2022). Do Various Conifers Respond Differently to Water Stress? A Comparative Study of White Pine, Concolor and Balsam Fir. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(1), 1-16.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., ... & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792.
- Orellano, P., Reynoso, J., & Quaranta, N. (2021). Short-term exposure to sulphur dioxide (SO₂) and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 150, 106434.
- Ozturk, M., Coskuner, K. A., Serdar, B., Atar, F., & Bilgili, E. (2022). Impact of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection severity on morphology, anatomy and photosynthetic pigment content of the needles of cilicican fir (*Abies cilicica*). *Flora*, 294, 152135.
- Ozturk Pulatoglu, A. (2024). Directionality in tree ring accumulation of tin (Sn) in three tree species. *BioResources*, 19(4), 8542-8562
- Ozturk Pulatoglu, A., Koç, İsmail, Özel, H. B., Şevik, H., and Yıldız, Y. (2025). "Using trees to monitor airborne Cr pollution: Effects of compass direction and woody species on Cr uptake during phytoremediation," *BioResources* 20(1), 121–139.
- Öztürk Pulatoğlu, A. (2024). Variation of Ba concentration in some plants grown in industrial zone in Türkiye. *Forest Science and Technology*, 20(1), 38-46.

- Özdikmenli, G., Yiğit, N., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Altitude-dependent Variations in Some Morphological and Anatomical Features of Anatolian Chestnut. *BioResources*, 19(3), 4635-4651
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of Silver Nanoparticles on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Seeds. *BioResources*, 19(2).
- Özkan, İ. G. M., Aldemir, K., Alhasan, O., Benli, A., Bayraktar, O. Y., Yılmazoğlu, M. U., & Kaplan, G. (2024). Investigation On The Sustainable Use Of Different Sizes Of Sawdust Aggregates İn Eco-Friendly Foam Concretes: Physico-Mechanical, Thermal İnsulation And Durability Characteristics. *Construction And Building Materials*, 438, 137100.
- Öztürk Pulatoğlu, A. (2024a). Directionality in Tree Ring Accumulation of Tin (Sn) in Three Tree Species. *BioResources*, 19(4), 8542-8562.
- Öztürk Pulatoğlu, A. (2024b). Variation of Ba concentration in some plants grown in industrial zone in Türkiye. *Forest Science and Technology*, 20(1), 38-46.
- Sevik, H., Koç, İ. & Cobanoğlu, H. (2024). Determination of Some Exotic Landscape Species As Biomonitors That Can Be Used for Monitoring and Reducing Pd Pollution in the Air. *Water Air Soil Pollut* 235, 615. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07429-2>
- Sevik, H., Ozel, H. U., Yildiz, Y., & Ozel, H. B. (2025). Effects of Adding Fe₂O₃ and Fe₃O₄ Nanoparticles to Soil on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech. *BioResources*, 20(1), 70-82.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, development and sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şevik, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024a). Phytoremediation and long-term metal uptake monitoring of silver, selenium, antimony, and thallium by black pine (*Pinus nigra* Arnold)", *BioResources*, 19(3). 4824-4837.
- Şevik, H., Uzun Özel, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024b). Effects of adding Fe₂O₃ and Fe₃O₄ nanoparticles to soil on germination and seedling characteristics of oriental beech, *BioResources*, 19(4).

- Turna, İ., Atar, F., Güney, D., & Turna, H. (2024). Agroforestry uygulamalarından olan rüzgâr perdelerinin tarımsal alanlarda kullanımı. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 65-80.
- Yaşar İsmail, T.S., İsmail, M.D, Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2024). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected landscape plants and their potential for pollution mitigation, *Forestist*. <https://doi.org/10.5152/forestist.2024.24071>
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 687.
- Yigit, N. (2024). Determination of Sixteen Woody Species' Ability to Sequester Sr, Mo, and Sn Pollutants. *BioResources*, 19(4), 7842-7855.
- Zeyad, A. M., Bayraktar, O. Y., Tayeh, B. A., Öz, A., Özkan, İ. G. M., & Kaplan, G. (2024). Impact of rice husk ash on physico-mechanical, durability and microstructural features of rubberized lightweight geopolymer composite. *Construction and Building Materials*, 427, 136265.

BÖLÜM XIII

KASTAMONU'DA KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK KARAÇAM YAYILIŞ ALANLARININ OLASI DEĞİŞİMİ

Dr. Nihat ERTÜRK¹

Prof. Dr. Burak ARICAK²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514777>

¹ Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kastamonu, Türkiye. nerturk78@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7932-9575

² Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa, Türkiye.
burak.aricak@btu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0011-7199

1. GİRİŞ

İklim, geniş bir bölgede ve çok uzun zaman içerisinde aynı kalan ortalama hava şartları olarak tanımlanmaktadır (Erturk vd., 2024a). İklim bütün canlıların hayatını doğrudan veya dolaylı olarak şekillendiren bir etkidir çünkü canlıların fenotipik karakterleri genetik yapıları ile çevre koşullarının karşılıklı etkisi altında şekillenir (Özel vd., 2024; Sevik vd., 2024). Çevresel faktörlerin ana bileşenlerinin başında da iklim gelmektedir (Kuzmina vd., 2023; Canturk vd., 2024). Bundan dolayı iklimsel parametrelerde yaşanan değişiklikler bütün canlı yaşamını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Arıcak vd., 2024). Ancak iklimsel değişimlerden en fazla etkilenen canlı grubu sınırlı göç mekanizmasına sahip olan bitkilerdir (Çobanoğlu vd., 2023). Bitkilerin doğal göç mekanizmasının, yaşanan küresel iklim değişikliğinin hızına ayak uyduramayacağı ve bundan dolayı birey, popülasyon ve tür kayıplarının kaçınılmaz olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır (Erturk vd., 2024b).

Yapılan araştırmalar orman ekosistemlerinin küresel iklim değişikliği sürecinden en çok etkilenecek ekosistemlerden biri olacağını göstermektedir (Tekin vd., 2022). Ormanlar dünyadaki en büyük karasal karbon yutağıdır ve küresel sera gazı emisyonlarını dengelemek için kullanılabilir en etkili ve düşük maliyetli enstrümanlardır (Arıcak vd., 2024). Ormanlar ayrıca hava kirliliğini azaltmak, erozyonu önlemek, yaban hayvanlarına besin ve barınak sağlamak, iklimi dengelemek gibi pek çok ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonu yerine getirmektedir (Yigit vd., 2021; Erdem vd., 2024). Ayrıca ormanlar ekonomik olarak da çok önemlidir (Tandogan vd., 2023).

Dolayısıyla küresel iklim değişikliği sonucunda orman alanlarında meydana gelebilecek alansal kayıp, telafisi zor ve belki de imkansız hasarlara sebep olacaktır. Bundan dolayı küresel iklim değişikliğinin özellikle ormanlar üzerine olası etkilerinin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması, bitkilerin ihtiyaç duyduğu göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması, tür ve popülasyon kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Konunun önemi dolayısıyla orman ağaçlarının uygun yayılış alanlarının değişimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Varol vd., 2022a; Tekin vd., 2022; Cantürk vd., 2024).

Ancak yapılan çalışmalar genellikle geniş alanları kapsayan çalışmalardır ve uygun silvikültürel müdahalelerin planlanabilmesi için detay

çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada ise Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nde karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) uygun yayılış alanlarının küresel iklim değişikliğine bağlı olarak nasıl değişebileceğinin detaylı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Türkiye'de en fazla odun hammaddesi üretimi yapılan Orman Bölge Müdürlüğüdür. Çalışma kapsamında benzer çalışmalardan farklı olarak türün mevcut yayılış alanları da değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Türkiye için en önemli ağaç türlerinden olan karaçamın (*Pinus nigra* Arnold.) küresel iklim değişikliğine bağlı olarak Kastamonu'daki potansiyel yayılış alanlarının değişiminin modellenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında çalışmaya konu türün öncelikle mevcut yayılış alanı, daha sonra günümüzdeki potansiyel yayılış alanı belirlenmiştir. Sonraki aşamada türün Kastamonu genelinde 2040, 2070 ve 2100 yıllarındaki potansiyel yayılış alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Türün potansiyel yayılış alanlarının modellenmesinde MaxEnt 3.4.1, harita gösterimleri için ise ArcGIS 10.5 yazılımları kullanılmıştır. Bu çalışmada, daha önce de pek çok çalışmada tercih edilen 19 adet biyoklimatik değişken kullanılmış olup, bu değişkenler benzer çalışmalarda en sık kullanılan değişkenlerdir (Tekin vd., 2022; Çobanoğlu vd., 2023). Çalışmada kullanılan biyoklimatik değişkenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Modelde kullanılan biyoklimatik değişkenler

Kod	Bioklimatik değişken	Birim
Bio1	Yıllık Ortalama Sıcaklık	°C
Bio2	Ortalama Günlük Aralık (Aylık ortalama [maks sıcaklık - min sıcaklık])	°C
Bio3	Izotermallik (Bio2/Bio7) (* 100)	-
Bio4	Mevsimsel Sıcaklık (standart sapma *100)	°C)
Bio5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı	°C
Bio6	En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı	°C
Bio7	Yıllık Sıcaklık Aralığı (Bio5-Bio6)	°C
Bio8	En Nemli Çeyreğin (3 ayın) Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio9	En Kurak Bölgenin Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio10	En Sıcak Çeyreğin (3 ayın) Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio11	En Soğuk Çeyreğin (3 ayın) Ortalama Sıcaklığı	°C
Bio12	Yıllık Yağış	mm
Bio13	En Yağışlı Ayın Yağış Miktarı	mm
Bio14	En Kurak Ayın Yağış Miktarı	mm
Bio15	Mevsimsel Yağış (değişim katsayısı)	percent
Bio16	En Nemli Çeyreğin (3 ayın) Yağış Miktarı	mm
Bio17	En Kurak Bölgenin Yağış Miktarı	mm
Bio18	En Sıcak Çeyreğin (3 ayın) Yağış Miktarı	mm
Bio19	En Soğuk Çeyreğin (3 ayın) Yağış Miktarı	mm

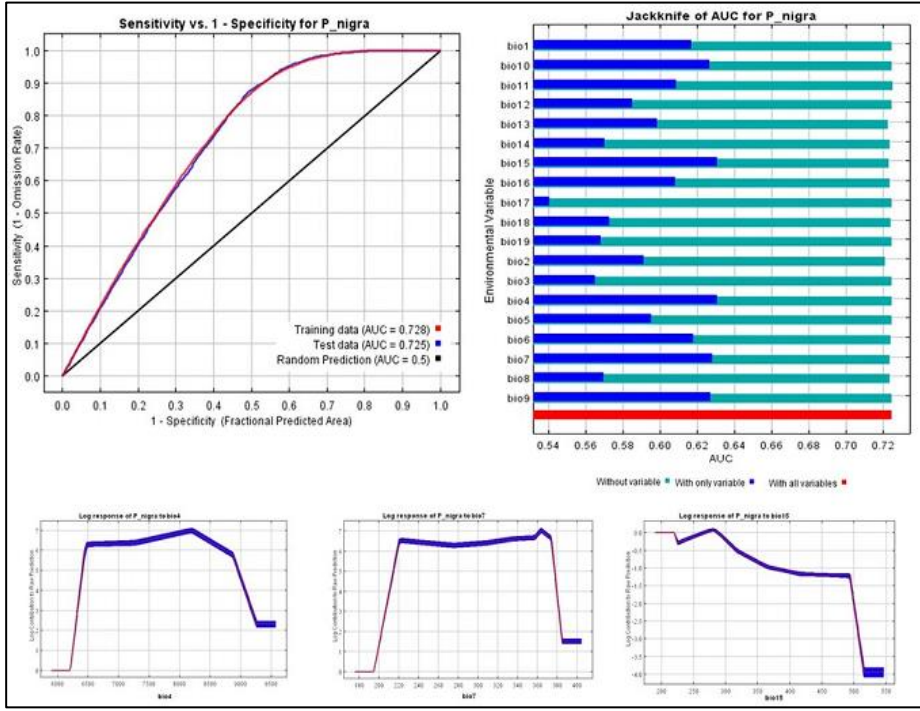
Çalışma kapsamında SSP 126, SSP 370 ve SSP 585 senaryoları kullanılmıştır. Bu senaryolar ve çalışmada kullanılan yöntem, benzer çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntem ve senaryolardandır (Erturk vd., 2024a; Arıca vd., 2024). Bu senaryolardan SSP 126 sürdürülebilir kalkınmanın oldukça yüksek bir hızda ilerlediği, eşitsizliklerin azaldığı, teknolojik değişimlerin hızlı olduğu, daha düşük karbonlu enerji kaynakları ve yüksek arazi verimliliği de dahil olmak üzere çevre dostu süreçlere yönelimin olduğu bir senaryodur (Kim ve Kwon, 2022). SSP 126, düşük emisyon senaryosunu temsil eder ve 2100 yılına kadar 2°C'den daha düşük bir ısınma öngörür (Wu vd., 2022). SSP 126 senaryosu iklim değişikliğini hafifletme ve uyum sağlama konusunda düşük zorluklar içeren iyimser senaryodur (Bogoni ve Tagliari, 2021).

SSP 370 senaryosu karma bir senaryodur. Bu senaryoda temel emisyon bölgelerinde düşük karbonlu enerji kaynaklarında nispeten hızlı teknolojik gelişme öngörülmektedir, küresel emisyonlar için en önemli olan yerlerde nispeten büyük azalma öngörülmektedir. Bununla birlikte, diğer bölgelerde kalkınmanın yavaş olacağı, eşitsizliklerin yüksek düzeyde kalacağı ve bu bölgelerin iklim değişikliğine uyum sağlamakta zorlanacağı öngörülmektedir (Kim ve Kwon, 2022).

SSP 585 senaryosu “fosil yakıtlı kalkınma” senaryosu olarak adlandırılmaktadır. Bu senaryo iklim değişikliğini hafifletme ve uyum sağlama konusunda yüksek zorluklar içeren kötümser senaryodur (Bogoni ve Tagliari, 2021). Bu senaryoda enerji talebinin yüksek olacağı ve bu talebin çoğunun karbon bazlı yakıtlarla karşılanacağı öngörülmektedir. Alternatif enerji teknolojilerine yapılan yatırımların düşük düzeyde kalacağı, bununla birlikte, ekonomik gelişmenin nispeten hızlı olacağı, kaynakların daha adil dağılacığı, daha güçlü kurumlar ve daha yavaş nüfus artışının sağlanacağı, iklim etkilerine daha iyi uyum sağlayabilen daha az savunmasız bir dünya olacağı öngörülmektedir (Kim ve Kwon, 2022).

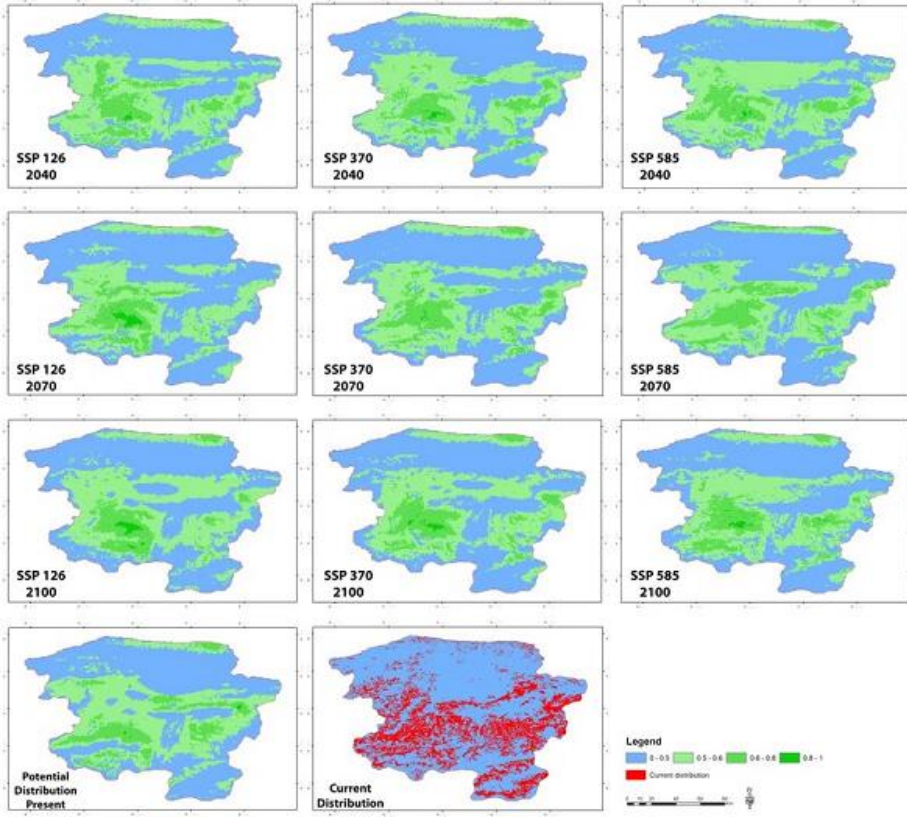
3. BULGULAR

Çalışma kapsamında elde edilen ROC (receiver operating characteristics) eğrisindeki eğitim verisinin validasyon değeri 0,728 (AUC (area under curve) >0,5), test verisinin ki ise 0,725 (AUC>0,5) olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çevresel faktörlerin *Pinus nigra*'nın yayılış alanına etkisi

Pinus nigra için türün dağılımına en fazla düzeyde etki eden çevresel değişkenlerin mevsimsel sıcaklık [Bio4], yıllık sıcaklık aralığı [Bio7] ve mevsimsel yağış [Bio15] olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar türün özellikle sıcaklık ve yağıştan önemli derecede etkilendiğini ortaya koymaktadır. *Pinus nigra*'nın günümüzdeki mevcut yayılış alanları, modele göre uygun yayılış alanları ve küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yayılış alanları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Karaçamin uygun yayılış alanlarının değişimi (*Potential Distrubution Present*; *Günümüzdeki Potansiyel Yayılış Alanı*, *Current Distrubution*; *Mevcut Yayılış Alanı*)

Pinus nigra'nın günümüzdeki mevcut yayılış alanlarını gösteren Şekil incelendiğinde, türün Kastamonu genelinde çok parçalı bir yayılışa sahip olduğu ancak ilin güney yarısında yayılış alanlarının daha yoğun olduğu görülmektedir. *P. nigra*'nın günümüzdeki uygun yayılış alanları mevcut yayılış alanları ile karşılaştırıldığında büyük oranda uyumlu olduğu görülmektedir. Türün uygun yayılış alanlarının büyük oranda ilin güney yarısında yoğunlaştığı, bunun dışında kuzey sahil şeridinde uygun yayılış alanlarının bulunduğu görülmektedir. Ancak, özellikle sahil şeridinde mevcut yayılış alanlarının çok daha sınırlı olması dikkat çekmektedir. Bu durum, bu bölgelerin uygun yayılış alanı olmasına karşın sahipli arazilerin fazla olması, tarımsal veya bahçecilik amacıyla kullanılması dolayısıyla türün yayılış yapamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

P. nigra'nın SSP 126 senaryosuna göre uygun yayılış alanları incelendiğinde, 2040 yılına kadar önemli bir değişiklik olmayacağı, 2070 yılındaki uygun yayılış alanlarının günümüzdekine ve 2040 yılındakine oranla bir miktar azalacağı tahmin edilmektedir. Özellikle ilin güney batı kesimlerinde önemli kayıplar olacağı, orta bölümlerinde ise bazı kayıplar oluşacağı bunun yanında yeni uygun yayılış alanlarının oluşacağı söylenebilir. 2100 yılında *P. nigra*'nın SSP 126 senaryosuna göre uygun yayılış alanlarının artacağı öngörülmektedir. Harita incelenerek 2100 yılındaki uygun yayılış alanları hem günümüzdeki hem de 2040 ve 2070 yıllarındaki uygun yayılış alanları ile kıyaslandığında önemli miktarda artış olacağı söylenebilir. Bu artış daha ziyade ilin orta kesimlerinde görülecek olup ilin batısındaki uygun yayılış alanlarında ise önemli değişiklikler olmayacaktır.

Diğer senaryolara bakıldığında da benzer şekilde süreç içerisinde uygun yayılış alanlarının değişeceği öngörülmektedir. Genel olarak türün uygun yayılış alanlarında süreç içerisinde kayıp ve kazançların olacağı ancak, 2100 yılına kadar uygun yayılış alanlarında kayıpların mutlaka görüleceği söylenebilir. Bu durumun sebebi, türün uygun yayılış alanı olmaktan çıkacak alanlardaki popülasyonlarında kayıplar olması ancak yeni oluşacak uygun yayılış alanlarına doğal yollarla göç etmekte yetersiz kalacak olmasıdır.

SSP 126 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla 2040, 2070 ve 2100 yıllarındaki değişim oranı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. SSP 126 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının değişimi

Uygunluk	2020	2020	SSP 126		
	mevcut (Km ²)	potansiyel (Km ²)	2040 (Km ²)	2070 (Km ²)	2100 (Km ²)
0-0.5	11319	7009	7009,7	7347,7	6943,9
0.5-0.6	1733,2	4652,5	4607,4	4391,1	4880,4
0.6-0.8		1377,8	1417,1	1205,9	1134,5
0.8-1		12,9	18,0	107,5	93,4
Toplam	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2

Tablo değerleri incelendiğinde *P. nigra*'nın günümüzde 4652,5 km²'si uygun, 1377,8' km²'si oldukça uygun ve 12,9 km²'si çok uygun olmak üzere toplam 6043,2 km² potansiyel yayılış alanı olduğu, buna karşın mevcut *P. nigra* yayılış alanlarının toplamının 1733,2 km² olduğu hesaplanmıştır. SSP 126 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının yakın gelecekteki değişimi incelendiğinde toplam uygun yayılış alanında 2070 yılına kadar bir azalma ve sonrasında bir artış olacağı öngörülmektedir. Günümüzde *P. nigra*'nın uygun yayılış alanı 6043,2 km² iken bu alanın 2040 yılında 6042,5 km², 2070 yılında 5704,5 km² ve 2100 yılında 6108,3 km² olacağı öngörülmektedir. Günümüzde yaklaşık 1377,8 km² olan oldukça uygun yayılış alanlarının ise 2040 yılında 1417,1 km², 2070 yılında 1205,9 km² ve 2100 yılında 1134,5 km² olacağı hesaplanmıştır. Çok uygun yayılış alanlarının ise günümüzde 12,9 km² iken 2040 yılında 18,0 km², 2070 yılında 107,5 km² ve 2100 yılında 93,4 km² olacağı tahmin edilmektedir. Çok uygun yayılış alanlarında 2070 yılına kadar büyük bir artış olacağı öngörülmektedir. SSP 370 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. SSP 370 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının değişimi

Uygunluk	2020 mevcut (Km ²)	2020 potansiyel (Km ²)	Ssps370		
			2040 (Km ²)	2070 (Km ²)	2100 (Km ²)
0-0.5	12876	12317	12386,5	12368,4	12324,7
0.5-0.6	176,2	298,7	217,0	320,6	280,7
0.6-0.8		430,7	445,5	360,6	446,2
0.8-1		5,8	3,2	2,6	0,6
Toplam	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2

SSP 370 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının değişimi incelendiğinde toplam uygun yayılış alanının 2040 yılında günümüzdekine kıyasla azalacağı ancak 2070 yılında 2040 yılındakine kıyasla bir miktar artacağı, 2100 yılında da tekrar kayıplar görüleceği söylenebilir. Yapılan hesaplamalara göre günümüzde 4652,5 km² olan uygun yayılış alanlarının SSP 370 senaryosuna göre 2040 yılında 2109,3 km², 2070 yılında

2566,4 km² ve 2100 yılında 2449,9 km² olacağı öngörülmektedir. Günümüzde yaklaşık 1377,8 km² olan oldukça uygun yayılış alanlarının ise 2040 yılında 1352,7 km², 2070 yılında 1195,0 km² ve 2100 yılında 1157,7 km² olacağı hesaplanmıştır. Çok uygun yayılış alanlarının ise günümüzde 12,9 km² iken 2040 yılından itibaren ortadan kalkacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla günümüzde 6043,2 km² olan uygun yayılış alanı toplamının SSP 370 senaryosuna göre 2040 yılında 3462,0 km², 2070 yılında 3761,4 km² ve 2100 yılında 3607,6 km² olacağı öngörülmektedir. SSP 585 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının günümüzdekine oranla değişim oranı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. SSP 585 senaryosuna göre *P. nigra*'nın uygun yayılış alanlarının değişimi

Uygunluk	2020 mevcut (Km ²)	2020 potansiyel (Km ²)	Sps585		
			2040 (Km ²)	2070 (Km ²)	2100 (Km ²)
0-0.5	12876	12317,0	12354,9	12410,9	12431,5
0.5-0.6	176,2	298,7	273,6	190,6	252,4
0.6-0.8		430,7	421,1	446,2	366,4
0.8-1		5,8	2,6	4,5	1,9
Toplam	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2	13052,2

P. nigra'nın SSP 585 senaryosuna göre uygun yayılış alanlarının değişimini gösterir tablo incelendiğinde toplam uygun yayılış alanının 2040 yılında günümüzdekine kıyasla önemli miktarda azalacağı 2070 yılında 2040 yılındakine oranla bir miktar artış olacağı, 2070 yılı ile 2100 yılında birbirine yakın uygun yayılış alanı olacağı söylenebilir. Yapılan hesaplamalara göre günümüzde 4652,5 km² olan uygun yayılış alanlarının SSP 585 senaryosuna göre 2040 yılında 2341,7 km², 2070 yılında 2358,4 km² ve 2100 yılında 2437,0 km² olacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde yaklaşık 1377,8 km² olan oldukça uygun yayılış alanlarının ise 2040 yılında 1198,9 km², 2070 yılında 1290,3 km² ve 2100 yılında 1185,3 km² olacağı hesaplanmıştır. Çok uygun yayılış alanlarının ise günümüzde 12,9 km² iken 2040 yılından itibaren ortadan kalkacaktır. Dolayısıyla günümüzde 6043,2 km² olan uygun yayılış

alanı toplamının SSP 585 senaryosuna göre 2040 yılında 3540,6 km², 2070 yılında 3648,7 km² ve 2100 yılında 3622,3 km² olacağı tahmin edilmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmanın sonuçları iklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak Kastamonu'da karaçam popülasyonlarının uygun yayılış alanlarının değişeceğini göstermektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda farklı türlerin küresel iklim değişikliğinden farklı düzeylerde etkileneceği tahmin belirlenmiştir. Örneğin Kastamonu'da günümüzde 2968,8 km² olan göknar uygun yayılış alanı toplamının SSP 585 senaryosuna göre 2040 yılında 3106,6 km², 2070 yılında 3194,8 km² ve 2100 yılında 3179,4 km² olacağı tahmin edilmektedir (Ertürk vd, 2024b). Yine Kastamonu'da günümüzde 3454,8 km² olan kayın uygun yayılış alanı toplamının SSP 585 senaryosuna göre 2040 yılında 3540,6 km², 2070 yılında 3648,7 km² ve 2100 yılında 3622,3 km² olacağı tahmin edilmektedir (Ertürk vd., 2024a). Kastamonu'da kızılçam ormanlarında ise 2100 yılına kadar %15'e varan kayıplar olabileceği belirtilmektedir (Ertürk ve Arıca., 2024a).

Kastamonu'da günümüzde 868,6 km² olan kestane uygun yayılış alanı toplamının da SSP 585 senaryosuna göre 2040 yılında 798,3 km², 2070 yılında 815,1 km² ve 2100 yılında 800,9 km² olacağı tahmin edilmektedir (Ertürk ve Arıca., 2024b). Dolayısıyla Kastamonu'da SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılına kadar göknar ve kayın uygun yayılış alanları toplamında artış olacağı ancak, kestane uygun yayılış alanlarında önemli kayıplar olacağı öngörülmektedir. Bu türlerden en risk altında bulunan türün kestane olduğu ve 2100 yılına kadar kestane uygun yayılış alanlarının tamamen yok olabileceği belirtilmektedir (Çobanoğlu vd., 2023).

Pinus nigra'nın Türkiye'deki uygun yayılış alanlarının nasıl değişeceğini belirlemesini amaçlayan bir çalışmada türün uygun yayılış alanları, ANN, CTA, FDA, GAM, GBM, GLM, MARS, MAXENT ve RF modelleri kullanılarak SSPs 245 ve SSPs 585 senaryolarına göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları *Pinus nigra*'nın potansiyel yayılış alanlarında 2100 yılına kadar SSPs 245 senaryosuna göre %15,03 ile 43,52 oranında, SSPs 585 senaryosuna göre ise %19,73 ile 48,92 oranında kayıplar olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte 2100 yılında SSPs 245 senaryosuna göre %13,79 - 32,13 arasında SSPs 585 senaryosuna göre ise

%15,11 - 34,44 arasında değişen oranlarda yeni uygun yayılış alanları oluşması beklenmektedir (Cantürk vd., 2024).

Türkiye genelinde yapılan çalışmalarda da farklı türlerin olası değişimleri değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada SSSP 245 senaryosuna göre *A. bornmuelleriana*'nın uygun yayılış alanlarının gelecek yıllarda özellikle 1400 m'nin üzerindeki rakımlarda azalacağı, buna karşın 200-600 m rakımlarda genel bir artış olacağı tahmin edilmektedir (Tekin vd., 2022). *Fraxinus excelsior*'un yayılış alanlarında 2100 yılına kadar 7.58% oranında azalmalar görülebileceği belirtilmektedir (Varol vd., 2021).

Carpinus betulus'un 1600 m'nin altındaki rakımlarda %25'i aşan oranlarda, *Carpinus orientalis*'in ise 1000 m'nin altındaki rakımlarda %30'u aşan oranlarda popülasyon kayıpları yaşayabileceği tahmin edilmektedir (Varol vd., 2022a). Benzer şekilde Türkiye genelinde günümüzde 72.819 km² olan *Quercus libani* uygun yayılış alanının 2070 yılına kadar 63.390 km²'ye düşeceği öngörülmektedir (Çoban vd., 2020). Başka bir çalışmaya göre *Tilia cordata*'nın batı Marmara'daki yayılış alanlarının neredeyse tamamen ortadan kalkacak, *Tilia tomentosa*'nın güney Anadolu ve Karadeniz bölgesindeki yayılış alanlarında önemli düzeyde azalmalar olacaktır (Cantürk ve Kulac, 2021).

Türkiye, iklim değişikliğine karşı oldukça hassas ve “*risk altındaki ülkeler*” arasında yer almaktadır ve geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarında 2100 dönemine kadar Türkiye'nin yıllık sıcaklığının tüm ülke genelinde artacağı; özellikle Ege bölgesinde sıcaklık artışlarının 6 °C'ye kadar çıkabileceği öngörülmektedir (Varol vd., 2022b). Akdeniz bölgesi kızılçamın baskın olduğu bir bölgedir ve bu süreçten en fazla etkilenecek türlerden birisi kızılçamdır. Nitekim yapılan bir çalışmada *P. pinea*'nın coğrafi dağılımının Türkiye coğrafi alanına oranının günümüzde %16,08 iken, bu oranın 2070 yılında %2,28'ye düşebileceği yani potansiyel yayılış alanındaki kaybın %85'e yaklaşabileceği belirtilmektedir (Akyol ve Örüçü, 2020).

Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda da bazı türlerde uygun yayılış alanlarında büyük kayıplar yaşanabileceği belirtilmektedir. Avrupa'da *F. sylvatica* potansiyel yayılış alanındaki azalmanın %56'yı bulabileceği (Thurm vd., 2018), Meksika'da dağlık alanlarda 2060 yılına kadar, farklı türlerde habitat kaybının % 46-77'ye ulaşabileceği (Gomez-

Pineda vd., 2021), Çin'in Hengduan Dağları'ndaki *Pinus armandii* uygun habitatın yavaş yavaş kaybolacağı (Ning vd., 2021) tahmin edilmektedir.

Küresel iklim değişikliği iklim parametreleri üzerinde önemli değişikliklere yol açacak bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Çünkü canlıların bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Hrivnák vd., 2024) ile çevresel faktörlerin (Şevik vd., 2024; Koç vd., 2024) etkisi ile şekillenmektedir. İklim ise en önemli çevresel faktörlerin başında gelmektedir (Işınkaralar vd., 2023; Özel vd., 2024). İklimsel parametrelerde meydana gelecek değişikliklerin yani küresel iklim değişikliğinin böcek ve mantarların yayılışını (Toczydlowski vd., 2020), orman yangınlarını (Ertugrul vd., 2021), yabancı tür istilalarını (Tekin vd., 2022) artıracığı, su ve besin bulunabilirliğini, yağış rejimini (Peñuelas vd., 2018) etkileyerek ormanları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyeceği belirtilmektedir. Küresel iklim değişikliği sürecinin en önemli etkilerinin ise sıcaklık artışı ve su kaynaklarının azalması şeklinde olacağı vurgulanmaktadır (Cetin vd., 2023; Isınkaralar vd., 2024). Bununla birlikte artan UV-B ışınları (Ozel vd., 2021a) ve radyasyon bitkilerde önemli ölçüde strese sebep olacaktır (Ozel vd., 2021b).

Yapılan çalışmalarda Türkiye'nin kuzey yarısının yaz yağışlarında güney yarından çok daha büyük bir düşüş yaşayacağı tahmin edilmektedir (Çobanoğlu vd., 2023). Türkiyenin kuzey yarısında yer alan Samsun (Koç, 2022), Düzce (Koc, 2021), Kastamonu (Gur vd., 2024) gibi şehirlerde sıcaklık artışı ve yağışlarda azalmanın iklimde kuraklaşmanın çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesine sebep olabileceği belirtilmektedir.

Sonuç olarak küresel iklim değişikliği, dünya üzerindeki bütün canlıları ve ekosistemleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek, dünyanın baş etmek zorunda olduğu geri döndürülemez iki büyük problemden birisi olarak tanımlanan bir süreçtir (Yayla vd., 2022; Sulhan vd., 2023). Bu süreçten en fazla etkilenecek canlı grubu da etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmayan bitkilerdir. Dünyadaki canlı yaşamı da doğrudan veya dolaylı olarak bitkilere bağlı olduğundan (Yigit vd., 2021) dünyadaki bütün canlıların küresel iklim değişikliğinden etkilenmesi kaçınılmazdır.

Günümüzde küresel ölçekteki en önemli sorunlar olarak kentleşme (Ahıskalı vd., 2024; Bayraktar vd., 2024; Pulatoglu vd., 2025) ve küresel iklim değişikliği (Cantürk vd., 2024; Aricak vd., 2024; Yaşar İsmail vd.,

2025) gösterilmektedir. Bu sorunlar geri dönüşü olmayan, dünyanın yüzleşmek zorunda olduğu sorunlar olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı bu sorunlara karşı sektörel bazda önlem alınması gerekmektedir. Ormancılık uygulamalarında da bu çalışmada olduğu gibi detay çalışmalar yapılarak, uygun yayılış alanlarının değişimi belirlenmeli, amenajman ve silvikültür planları olası değişimler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Yeni oluşacak uygun yayılış alanlarında uygun tür ağaçlandırmaları yapılmalı, gerekli yerlerde tür değişimine gidilmeli, en azından mevcut yayılış alanı olan türlerle birlikte, yeni oluşacak yetiştirme ortamı koşullarına uyum sağlayabilecek türler de kullanılmalıdır. Bununla birlikte yapılacak olan ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarında kuraklığa dayanıklı tür ve orijin seçimine dikkat edilmeli, mümkün olduğu kadar karışım ormanları kurulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalında Prof. Dr. Burak ARICAK danışmanlığında Nihat ERTÜRK tarafından hazırlanan doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ahıskalı, A., Ahıskalı, M., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., & Assaad, J. (2024). Mechanical And Durability Properties Of Polymer Fiber Reinforced One-Part Foam Geopolymer Concrete: A Sustainable Strategy For The Recycling Of Waste Steel Slag Aggregate And Fly Ash. *Construction And Building Materials*, 440, 137492.
- Akyol, A., & Örucü, Ö. K. (2020). Investigation and evaluation of stone pine *Pinus pinea* L. current and future potential distribution under climate change in Turkey. *Cerne*, 25, 415-423.
- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts That May Appear in Climate Classifications in Bursa Due to Global Climate Change, *Forestist*. 74, 129-137.
- Bayraktar, O. Y., Ahıskalı, A., Ahıskalı, M., Ekşioğlu, F., Kaplan, G., & Assaad, J. (2024). Feasibility Of Foam Concrete Using Recycled Brick And Roof Tile Fine Aggregates. *European Journal Of Environmental And Civil Engineering*, 1-19.
- Bogoni, J. A., & Tagliari, M. M. (2021). Potential distribution of piscivores across the Atlantic Forest: From bats and marsupials to large-bodied mammals under a trophic-guild viewpoint. *Ecological Informatics*, 64, 101357.
- Canturk, U., & Kulac, S. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12),771.
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214.
- Canturk, U., Koç, İ., Ozel, H.B., Sevik, H. (2024). Identification of proper species that can be used to monitor and decrease airborne Sb pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(44), 56056-56066. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34939-7>
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.

- Çoban, H. O., Örucü, Ö. K., & Arslan, E. S. (2020). MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability*, 127, 2671.
- Cobanoglu, H., Canturk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoglu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of Magnesium, One of the Macronutrients, in Some Trees Based on Organs and Species. *Forestist*, 74(1), 84-93
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, HB., Cetin, M., & Sevik, H (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
- Erturk N., & Arıcak, B. (2024b). Potential change of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) distribution areas in Kastamonu due to global climate change, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(1), 1180-1189.
- Erturk, N., & Arıcak, B. (2024a). Possible Changes in Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Distribution Areas in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 10(1), 29-37.
- Erturk, N., Arıcak, B., Sevik, H., & Yigit, N. (2024b). Possible Change in Distribution Areas of Abies in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24 (1), 81-91.
- Erturk, N., Arıcak, B., Yiğit, N., & Sevik, H. (2024a). Potential changes in the suitable distribution areas of *Fagus orientalis* lipsky in kastamonu due to global climate change. *Forestist*, doi:10.5152/ forestist.2024.23024.
- Gómez-Pineda, E., Blanco-García, A., Lindig-Cisneros, R., O'Neill, G. A., Lopez-Toledo, L., & Sáenz-Romero, C. (2021). *Pinus pseudostrobus* assisted migration trial with rain exclusion: Maintaining Monarch Butterfly Biosphere Reserve forest cover in an environment affected by climate change. *New Forests*, 52(6), 995–1010.

- Gur, E., Palta, Ş., Ozel, H. B., Varol, T., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Assessment of Climate Change Impact on Highland Areas in Kastamonu, Turkey. *Anthropocene*, 100432.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., ... & Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 451-464.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2024). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 120(1), 511-528.
- Işınkaralar, O., Işınkaralar, K., Sevik, H., Kucuk, O. (2023). Bio-climatic Comfort and Climate Change Nexus: A Case Study in Burdur Basin. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 23(3), 241-249. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1394916>
- Kim, J., & Kwon, H. (2022). Calculation of a climate change vulnerability index for nakdong watersheds considering non-point pollution sources. *Applied Sciences*, 129, 4775.
- Koç, İ. (2021). Changes that may occur in temperature, rain, and climate types due to global climate change: the example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.
- Koç, İ. (2022). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, HB., & Sevik, H (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792.
- Ning, H., Ling, L., Sun, X., Kang, X., & Chen, H. (2021). Predicting the future redistribution of Chinese white pine *Pinus armandii* Franch. Under climate change scenarios in China using species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01420.

- Ozel, H. B., Abo Aisha, A. E. S., Cetin, M., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2021a). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 388.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021b). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 72, 359-365.
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of Silver Nanoparticles on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Seeds. *BioResources*, 19(2). 2135-2148.
- Peñuelas, J., Sardans, J., Filella, I., Estiarte, M... & Terradas, J (2018). Assessment of the impacts of climate change on Mediterranean terrestrial ecosystems based on data from field experiments and long-term monitored field gradients in Catalonia. *Environmental and Experimental Botany*, 152, 49–59.
- Pulatoglu, A. O., Koç, İ., Özel, H. B., Şevik, H., & Yıldız, Y. (2025). Using Trees to Monitor Airborne Cr Pollution: Effects of Compass Direction and Woody Species on Cr Uptake during Phytoremediation. *BioResources*, 20(1), 121-139.
- Sevik, H., Koç, İ. & Cobanoglu, H. (2024). Determination of Some Exotic Landscape Species As Biomonitors That Can Be Used for Monitoring and Reducing Pd Pollution in the Air. *Water Air Soil Pollut* 235, 615. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07429-2>
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, development and sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şevik, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024). Phytoremediation and long-term metal uptake monitoring of silver, selenium, antimony, and thallium by black pine (*Pinus nigra* Arnold)", *BioResources*, 19(3). 4824-4837.
- Tandogan, M., Özel, HB., Gözet, FT., & Sevik, H (2023). Determining the Taxol Contents of Yew Tree Populations in Western Black Sea and

- Marmara Regions and Analyzing Some Forest Stand Characteristics. *BioResources*, 18(2), 3496-3508.
- Tekin, O., Cetin, M., Varol, T., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Altitudinal migration of species of Fir (*Abies* spp.) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 1-16.
- Thurm, E. A., Hernandez, L., Baltensweiler, A., Ayan, S., Rasztovits, E., Bielak, K., Zlatanov, T. M., Hladnik, D., Balic, B., Freudenschuss, A., Büchsenmeister, R., & Falk, W. (2018). Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *Forest Ecology and Management*, 430, 485–497.
- Toczydlowski, A. J., Slesak, R. A., Kolka, R. K., & Venterea, R. T. (2020). Temperature and water-level effects on greenhouse gas fluxes from black ash (*Fraxinus nigra*) wetland soils in the Upper Great Lakes region, USA. *Applied Soil Ecology*, 153, 103565.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491(2021b),119199.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1), 637-647.
- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022a). The effects of climate change scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water, Air and Soil Pollution*, 233, 45.
- Wu, C. W., Xu, X. X., Zhang, G., Cheng, B. B., & Han, S. (2022). Predicting the potential suitable habitat for *Tamarix chinensis* under climate change based on Cmp6 in China. *Applied Ecology and Environmental Research*, 204, 2845-2863.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 687.
- Yaşar İsmail, T.S., İsmail, M.D, Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2025). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected

landscape plants and their potential for pollution mitigation, *Forestist*.
<https://doi.org/10.5152/forestist.2024.24071>

Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa* sp. and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3): 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024

BÖLÜM XIV

TIBBİ AÇIDAN DEĞERLİ BİR TÜR: *Salvia officinalis* L.

Öğr. Gör. Dr. Burak DİNÇEL¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514786>

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yıldızeli Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Sivas, Türkiye. burakdincel@cumhuriyet.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-2396-5537

1. GİRİŞ

Türkiye dünya üzerinde bulunduğu konum sebebi ile üç farklı biyocoğrafyanın kesişim noktasındadır. Ülkemizin bulunduğu konum sayesinde geniş bir bitki çeşitliliğine sahiptir. Türkiye’de 11.707 bitki taksonu bulunmaktadır (Anonim, 2022). Ayrıca Türkiye’nin florasının 1/3’ü tıbbi ve aromatik bitkilerden oluşurken, Türkiye’deki taksonların %34’ü endemiktir. Bu sebeple Türkiye, dünyada tıbbi ve aromatik bitkilerde üretim ve ticaret bakımından ilk 20 ülke içerisinde yer almaktadır (Turgut vd., 2023). Ülkemizin zengin kültürü bitki kullanımı konusunda da gelişmiştir. Anadolu insanı çok eski zamanlardan beri halk hekimliğinde bitkileri kullanmış, iyileştirici ve rahatlatıcı etkilerini fark etmiş, özellikle çeşitli bitki çaylarını yoğun olarak kullanmıştır (Anonim, 2022). Tıbbi ve aromatik bitkiler içermiş oldukları zengin biyoaktif maddeler sayesinde, terapik etkiye sahiptir. Geçmişten günümüze kadar geçen süre içerisinde tıbbi bitkiler her denemde insan hayatında farklı kullanım alanları ile var olmuştur (Bayram vd., 2010; Boztaş vd., 2021).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin en önemli özelliği bünyelerinde buldukları sekonder metabolitlerdir. Sekonder metabolitlerin kendi içinde farklı çeşitleri ve yine farklı kullanım alanları mevcuttur. Bitkilerin yeşil ya da kuru yaprakları kullanılarak distilasyon ile uçucu yağlar elde edilir. Distilasyon işlemi sonunda hidrolatlar, konretler, oleoresinler, absülütler ve pomatlar gibi birçok ürün elde edilir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin farklı kullanım alanları mevcuttur. Gıda sektöründe; bitki çayı, gıda takviye ürünleri ve baharat olarak kullanımı mevcut iken, ilaç üretim sektöründe etken madde kaynağı olarak kullanılmaktadır. Peyzaj alanlarında güzel görüntüleri ve hoş kokuları sayesinde süs bitkisi olarak tercih edilirken, kozmetik üretim sektöründe; parfüm, kolonya, sabun vb. ürünlerin hammaddesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkiler kuvvetli kokuları ve etken maddeleri ile biyosidal ilaç olarak, zararlıları kovucu kaçırmacı olarak da kullanılmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler ayrıca boyar özelliklerde taşımaktadır. Bu özellikleri sayesinde Anadolu’da sentetik boyalardan önce iplik boyamada ve bu vasıta ile doğal boyalar kullanılarak çeşitli dokumalar ve kilimlerin renklendirilmesinde kullanılmıştır (Bayram vd., 2010; Avan, 2021). Adaçayı hem kıymetli uçucu yağ ihtiva eden hem bitki çayı, hem de baharat olarak kullanılan önemli bir tıbbi aromatik bitkidir. Adaçayı

ülkemizin ihracat yaptığı bitkiler arasında 5. sırada yer almaktadır (Baydar, 2016; Karakuş vd., 2017).

2. TÜRÜN TANITIMI

Adaçayı *Lamiaceae* familyasına ait bir bitkidir. *Lamiaceae* familyası, 236 cins ve 7000'den fazla tür içermektedir (Harley vd., 2004). *Lamiaceae* familyası Türkiye'de geniş yer kaplamaktadır. Türkiye'de 45 cins ve 586 türü yetişmekte olup, ülkemizde 239 adet endemik taksonu bulunmaktadır. Ülkemizin endemizm yönünden en büyük 3. familyasını oluşturmaktadır. Adaçayı da kendi içerisinde çok sayıda farklı tür barındırmaktadır. Dünyada 900 adet, ülkemizde ise 97 adet türü bulunduğu bilinmektedir (Güner vd., 2012). Ülkemizde tescil ettirilmiş 5 çeşit adaçayı bulunmaktadır (Anonim-a, 2024; Tablo 1).

Tablo 1. Tescilli adaçayı çeşitleri (Anonim-a, 2024)

Çeşit İsmi	Tür	Başvuru Sahibi	Tescil Tarihi
Elif	<i>Salvia officinalis</i> L.	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	12.04.2018
Karık	<i>Salvia fruticosa</i> L.	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	12.04.2018
Uysal	<i>Salvia fruticosa</i> L.	Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	06.04.2022
Turgut	<i>Salvia fruticosa</i> L.	Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	06.04.2022
Beyhekim	<i>Salvia officinalis</i> L.	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	06.04.2022

Salvia kelimesinin kökeni Latince *salvere* kelimesinden gelmekte olup kurtarıcı demektir. Türkçede adaçayı olarak isimlendirilen bitki çeşitli kültürlerde farklı isimler almaktadır. Yunan kültüründe *elelishakon*, Mısır kültüründe *anusi* olarak, Roman kültüründe ise *herb secre* ya da *asphacus* olarak adlandırılmaktadır (Rivera vd., 1994).

Dünya üzerinde *Salvia* cinslerinin başlıca yayılış alanları Güney ve Batı Asya ile Amerika kıtalarıdır. Avrupa'da 36, eski Sovyetler Birliği ülkelerinde toplam 75, İran'da 70 türü bulunmaktadır. Türkiye'de ise *Salvia* türlerinin 97 türü, 4 tane alt türü ve 8 varyabilitesi bulunmaktadır. Türkiye'de *Salvia* türlerinin de endemizm oranı yüksek olup, 51 *Salvia* türü endemiktir. Bu durum *Salvia* türlerinin endemizm oranının %52,5 olarak gerçekleşmesini sağlamaktadır. Yapılan son araştırmalarla bu durum desteklenmiş olup, endemik *Salvia* türlerinin varlığının tehlike altında olduğu belirlenmiştir. Ekonomik değer taşıyan *Salvia* türlerinin nesli tehlike sınırlarına girmeden, üretim olanaklarının artırılması faydalı olacaktır. Ekonomik değer bakımından *Salvia* türlerini incelediğimizde *S. officinalis* ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde *S. officinalis* doğal yayılış göstermeyip kültür yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2022).

Tıbbi adaçayı olarak isimlendirilen *S. officinalis* ülkemizin batısında kültür şartlarında yetiştirilmektedir. Ayrıca Anadolu adaçayı olarak isimlendirilen *S. fruticosa* Mill. kültür yetiştiriciliği yapılan bir diğer *Salvia* türüdür. Anadolu adaçayı ayrıca Ege bölgesinde doğadan da toplanmaktadır. Anadolu adaçayı dış pazarda yoğun talep gören bir adaçayı türü değildir ancak *S. officinalis* miktarını artırmak için kullanılmaktadır. Ayrıca Ege bölgesinde *S. tomentosa* Mill. türünde doğal yayılış göstermekte ve toplanmakta, halk arasında çalba olarak isimlendirilmektedir. Lamiaceae familyası içerisinde yer alan *Sideritis* cinsleri de dağ adaçayı ve yayla adaçayı olarak adlandırılmaktadır (Bahadırılı, 2019). Bölgelere göre değerlendirdiğimizde; Ege ve Akdeniz'de 31, Doğu Anadolu'da 21, Marmara ve Karadeniz'de 11, Güneydoğu Anadolu'da 2 endemik adaçayı türü bulunmaktadır (Kayıcılar, 2024; Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Adaçayı bitkisinin Türkiye’deki yayılışı (Anonim, 2022)



Şekil 2. Adaçayı bitkisi (Anonim, 2022)

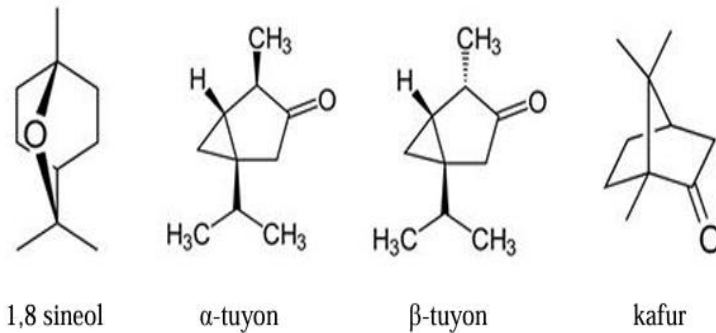
Türkiye’de adaçayı ekim ve üretim rakamları incelendiğinde ilk kayıtların 2012 yılı itibarı ile oluştuğu görülmekte olup, son 11 yılda artarak 2023 yılında 16.755 dekar alanda 3.133 ton üretim gerçekleştiği ve dekara verimin 184 kg olduğu görülmektedir (Anonim-b, 2024; Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye’de Adaçayı ekim, üretim ve verim rakamları (Anonim- b, 2024)

Yıllar	Üretim Alanı (da)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2012	54	7	130
2013	30	4	133
2014	130	19	146
2015	536	80	149
2016	3 681	411	112
2017	4 123	557	135
2018	3 951	428	108
2019	5 602	1 233	220
2020	6 655	1 271	191
2021	9 326	1 848	198
2022	12 781	2 356	184
2023	16 755	3 133	187

Son yıllarda ülkemizde adaçayı ekim ve üretim rakamları artsa da kontrolsüz ve yoğun toplamalar sonucunda adaçayı türleri doğal florada giderek azalmakta adaçayı türleri tehlike altına girmektedir (Anonim, 2022).

Adaçayı bitkisinin herbası ve yaprakları kullanılmaktadır. Herba ve yapraklarından elde edilen uçucu yağ oranı %0.5-2.5 oranında değişmektedir. Uçucu yağ bileşenleri %30-50 thujon, %10 borneol ve %15 cineole bulunmaktadır (Baytop, 1999). Genel olarak *Salvia officinalis* L. uçucu yağında tujon ve kafur bileşenlerinin oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir (Ayanoğlu vd., 2012; Şekil 3).

**Şekil 3.** Adaçayı uçucu yağ bileşenleri (Bahadırlı, 2019)

S. officinalis'in içerdiği bileşenlerin toksik etkileri bulunmakta olup, günlük olarak çay ve baharat olarak tüketilmesine de sınırlayıcı faktörler söz konusudur. Birçok kodekste adaçayı bitkisinde düşük tuyon içeriği olan kemotiplerin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir (Anonymous, 2011).

S. officinalis, bitkisi çok yıllık, yarı çalı formunda ve saçak köklere sahip bir bitkidir. Bitki boyu 60-100 cm arasında değişebilmektedir. Yaprak eni 5 cm, yaprak uzunluğu ise 10 cm olabilir. Yaprığın her iki tarafı tüylerle kaplıdır (Şekil 4). Adaçayı toprağın hemen üstünden itibaren sık şekilde dallanır. Çiçek rengi menekşe tonlarında olabilir (Baydar, 2016).



Şekil 4. Adaçayı yaprağı görünüşü (Anonim, 2022)

Doğal yayılışı en çok Dalmaçya ve Makedonya'da olup deniz seviyesinden 800 metre kadar yüksekliklerde doğal olarak yetişmektedir (Ceylan, 1987; Ceylan vd., 1990). Gri-gümüşü renkte olan adaçayı yapraklarında bulunan epidermiste 1 ya da 2, 3 hücreli, salgı yapan gland tüyler uzanır. Bu tüyler bitkide en önemli uçucu yağ kaynağıdır (Baydar, 2016).

Uçucu yağ içeren bitkilerin en önemli özelliklerinden biri kendilerine özgü has özel kokularının olmasıdır. Bitkideki koku molekülleri monoterpenlerdir ve adaçayı bünyesinde de bulunur. Tıbbi ve aromatik bitkilerde bulunan epidermis hücrelerinde oluşan salgı keseleri veya salgı tüyleri adaçayında da mevcuttur. Bu durumun varlığı çeşitli hastalıklara,

otobur hayvanlara ve böceklere korunma, tozlayıcı böceklere karşı çekici özellik oluşturur (Baydar, 2013). *Salvia officinalis* L. yaprakları %0.5-2.5 uçucu yağ içerir ve en kritik bileşenler α -tüyon, β -tüyon, 1,8-sineol ve kafurdur (Dinçel ve Beyzi, 2024; Şekil 5).



Şekil 5. Adaçayı çiçeklenme dönemi görüntüsü (Orjinal, 2022)

3. TÜRÜN ÜRETİMİ

Adaçayı bitkisinin toprak istekleri incelendiğinde drenajı iyi kumlu-tınlı ve kireçli topraklarda adaçayı iyi gelişim gösterir. Ayrıca adaçayı besin elementleri açısından zengin toprakları sever. Adaçayı ılıman kuşak bitkisidir, sıcak ekolojileri sevmekle birlikte soğuk ekolojilerde de bitki gelişimi olumsuz etkilenebilmektedir. Adaçayı her ne kadar kurak şartlara dayanıklı olsa da gelişme dönemlerinde sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Doğal yağışların olmadığı yaz aylarında gelişmeyi desteklemek için 3-4 kez sulama yapmak gerekmektedir (Nakipoğlu, 1993; Baydar 2016; Şekil 6).



Şekil 6. Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) arazi görüntüsü

Adaçayının uçucu yağ oranı; rakım arttıkça, ışık yoğunluğu ve sıcaklık azaldıkça, topraktaki ve havadaki nem arttıkça, azalmaktadır. Adaçayının yayılış alanları genellikle, kayalık yamaçlar, taban suyu yüksek olmayan güneşli alanlardır (Anonim, 2022; Şekil 7).



Şekil 7. Adaçayı yapraklarının görünüşü (Anonim, 2022)

Adaçayı bulunduğu ekolojiye göre yılda birkaç kez hasadı yapılabilmektedir. Uçucu yağ kalitesine biçim zamanı etki etmektedir. Çiçeklenme başlangıcında toprak yüzeyinin 10-15 cm yüksekliğinden biçim yapılabilmektedir. Etken madde miktarı en yüksek öğle saatlerinde yapılan biçimlerden elde edilmektedir (Elmas, 2021).

Adaçayı eşeyli ve eşeysiz çoğaltılabilen bir bitkidir. Ancak çelikle üretimi daha yaygındır. Çelikler hazırlandıktan sonra perlit, kum ya da torf-perlit karışımı yastıklara serilir ve çelikler bu ortama aktarılıp 15-20 gün içerisinde köklenebilmektedir. *S. officianis* ekolojik şartlarda ilkbahar ya da sonbaharda tarlaya şaşırtılabilir. Sıra arası 45-60 cm ve sıra üzeri 20-30 cm mesafe bitki yetiştiriciliği için uygundur (Anonim, 2022; Şekil 8).



Şekil 8. Adaçayı fidelerinin görünüşü (Anonim, 2022)

Adaçayı gelişim dönemlerinde yabancı otlara karşı mücadele önemlidir. Dikimden hasada kadar bitkinin arazide bulunduğu dönemde, yabancı otlara karşı duyarlı olup gereken mücadele her dönem yapılmalıdır. Kültürel yöntemler olan çapalama ve elle yolma adaçayında yabancı ot mücadelesinde etkili yöntemlerdir (Mitchell vd., 1995).

Tıbbi aromatik özelliğe sahip bitkilerin kurutulmasında kullanılan en yaygın yöntem genellikle doğal kurutma yöntemleridir. Doğal kurutma yöntemlerinden gölgede ve güneşte kurutma yöntemleri yüzeylere serilerek ya da raflar kullanılarak yapılmaktadır. Hasat edilen adaçayı yaprak ve çiçekleri uygun ortamlara serilerek, zaman zaman kurumunun hızlanması ve dengeli şekilde yapılması için alt üst edilerek kurutma işlemi yapılır. Güneşte kurutma yapılırken bitkinin rengini ve kalitesini kaybetmeden kurutulmasının sağlanması için bitki drogları direk güneş altında bekletilmez (Albayrak, 2023; Şekil 9).



Şekil 9. Adaçayının kurutulmuş görüntüsü (Anonim, 2022)

Adaçayı dalı ve yaprağı ile hasat edilir. Hasat edilen bitki drogları katlı raflar üzerine temiz zemin üzerine serilerek gölgede kurutması sağlanır. Kuru adaçayı herbasının, yapraklar %50'sini, saplar %35'ini, çiçekler ise %15'ini oluşturur. 5 kg taze adaçayı herbasından, 1 kg kurutulmuş yaprak elde edilir. Kurutma fırınlarında uygun sıcaklık 35 ° C'dir. Kurutma sıcaklığı artıkça uçucu yağ miktarı azalır. Ayrıca uçucu yağ bileşenleri 1,8-sineol ve thujon oranları azalır iken, borneol ve kâfur oranı artmaktadır. Kuru adaçayı yaprakları temiz, kuru, serin ortamlarda selüloz bazlı paketlerde 2 yıl süreyle muhafaza edilebilir. Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'ne (Tebliğ No:

2013/12) göre adaçayı yapraklarında; en fazla %2 yabancı madde, en fazla %10 rutubet, kuru madde içeriğinde en fazla %9 kül, uçucu yağ oranı en düşük %1 olmalıdır (Anonim, 2022).

4. TÜRÜN KULLANIM ALANLARI

Adaçayı ülkemizde çok uzun yıllardan beri dahilen ve haricen kullanılan önemli bir bitki konumundadır. Hem medikal tıp hem de geleneksel kullanım alanları mevcuttur. Adaçayının en yaygın kullanıldığı durumlar; sindirim sorunları, iştah problemleri, gaz sancısı, mide şikayetleri, üst solunum yolu enfeksiyonları, öksürük, bronşit, boğaz ağrısı şikayetleri olduğu görülmektedir (Küpeli vd., 2007). Ayrıca adaçayı bitkisel çay olarak kullanıldığında kalp hastalıklarının oluşmasını engellemektedir. Böcek ısırıklarının oluşturduğu rahatsız edici hissi azaltmak için adaçayının toz hali kullanılmaktadır. Adaçayının kuvvetli antioksidan etkileri mevcuttur. Bu durum sayesinde yaşlanmayı geciktirir. Bir Latin atasözünde bahçesinde adaçayı olanların ölmesinin pek mümkün olmadığından bahsedilmektedir. Adaçayı bünyesinde bulunan; rosmanol, rosmarinik asit, karnosol ve karnosik asit gibi etken maddeler adaçayına antioksidan özellikler kazandırmaktadır (Santos-Gomes vd., 2002; Şekil 10).



Şekil 10. Bitkisel çay olarak kullanımı (Anonim, 2022)

Adaçayı ayrıca gıda, baharat, bitki çayı, kozmetik, parfüm, sabun yapımı gibi sektörlerde de uzun zamandır değerlendirilen bir bitkidir. Park ve bahçelerin peyzaj çalışmalarında *Salvia officinalis* L.'nin yanı sıra halk arasında ateş çiçeği olarak da bilinen bir başka adaçayı türü olan *Salvia splendens*'de kullanılmaktadır. Adaçayının infüzyonu şurup ve gargara

içeriklerinde de kullanılmaktadır. Adaçayının içerdiği tanenlerin kanamayı durdurucu etkisi bulunmaktadır. Ayrıca ağız ve diş sağlığı hastalıklarında, diş plaklarının oluşumunun engellenmesinde faydalanılmaktadır (Bahadır, 2019).

5. SONUÇ

Ülkemiz, bitki çeşitliği ve endemizm bakımından önemli bir konuma sahiptir. Bitki çeşitliliği içerisinde tıbbi aromatik bitkilerin ayrı bir önemi bulunmaktadır. Farklı kullanım alanlarının olması ve ekonomik getirisinin göz önünde bulundurulduğunda, tıbbi aromatik bitkilerin kültürünün yapılması önem arz etmektedir. Doğadan toplanan tıbbi aromatik bitkilerde karşılaşılan kalite, verim, gen kaynaklarının yok olması gibi sorunlar ülkemizde ekonomik açıdan kayıplar yaşatmaktadır.

Tıbbi aromatik bitkiler içerisinde ayrı bir öneme sahip olan adaçayının, ülkemizde üretiminin artırılması, gen kaynaklarının incelenerek yeni çeşitlerin ıslah edilmesi ve üretime kazandırılması, kültürü yapılan türlerde hasat sonrası işlemler ile standartlara uygun şekilde ürünlerin ticarete sunulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Albayrak, A., (2023). Adaçayının (*Salvia officinalis* L.) Kurutulmasında Sıcaklığın ve Hava Hızının Yağ Verimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Yüksek Lisans tezi, Isparta.
- Anonim- b, (2024). Türkiye istatistik kurumu, Tarımsal üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Anonim, (2022). Adaçayı Fizibilite raporu. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%20B0/ADACAYIF%20B0Z%20B0B%20B0L%20B0TE%20RAPORU.pdf>
- Anonim-a, (2024). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85>
- Avan, M. (2021). Türkiye’de ve dünyada görülen önemli tıbbi ve aromatik bitkiler, özellikleri ve hastalıkları üzerine araştırmalar. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım* <https://doi.org/10.47898/ijeased.864877>
- Ayanoğlu, F., Kaya, D.A., Mert, A., & Uygur, V., (2012). Hatay yöresinde doğal olarak yetişen adaçayı (*Salvia* sp.) türlerinin kültüre alınması, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. TÜBİTAK TOVAG, Proje No: 190O161, 152 s.
- Bahadırılı, N. P. (2014). *Hatay ilinde doğal olarak yetişen adaçayı (salvia spp.) popülasyonlarının ssr markörleri ile moleküler karakterizasyonu ve sitogenetik analizleri* (Master's thesis, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi).
- Baydar, H. (2016). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Hilal Ofset Matbaası.
- Baydar, H., (2013). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayın No: 51. Isparta.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S. & Telci, İ., (2010). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretimimin Artırılması Olanakları.

- Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-I, 437-456s, 11- 15 Ocak, Ankara.
- Baytop, T., (1999). Türkiyede Bitkiler ile Tedavi. Nobel Tıp Kitabevleri. 480.
- Boissier, P.E., (1867-1888). *Flora Orientalis*. Vol I-V and Supp. Geneve-Basile-Lyon.
- Boztas, G., Avcı, A. B., Arabacı, O. & Bayram, E., (2021). Economic status of medicinal and aromatic plants in Turkey and in world, *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1): 27-33.
- Davis, P.H, (1965-1988). Flora of Turkey the East Aegean Islands. Volume I-X, Edinburg University Press, Edinburg.
- Diñçel, B., & Beyzi, E. (2024). Investigating the crucial role of salicylic acid and harvest time on the yield and essential oil composition in sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 47(19), 3179-3193.
- Elmas, S. (2021). Türkiye’de adaçayı yetiştiriciliği ve ticari önemi. Uluslararası *Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1),
- Erik, S., & Tarıkahya, B., (2004). Türkiye Florası Üzerine. *Kebikeç*, s. 139-163.
- Feinbrun-Dothan, N., (1977). Flora Palaestina Vol. III. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Güner, A., (2000). Flora of Turkey Volume 11. Edinburg University Press, Edinburg.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç M.T., (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Flora Araştırmaları Derneği ve Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayını. 610 s. İstanbul.
- Harley Raymond M., et al. (2004). Labiatae Flowering Plants· Dicotyledons. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004. 167-275.
- Karakuş, M., Baydar, H., & Erbaş, S., (2017). Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) populasyonundan geliştirilen klonların verim ve uçucu yağ özellikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26: 99-104.
- Köhler, F. E. (1887). Köhlers Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte. *Köhler, Gera (1883-1914)*.

- Küpeli E., Şahin F. P., Çalış İ., Yeşilada E., & Ezer N., (2007). Phenolic Compounds of *Sideritis Özturki* and Their in vivo anti Inflammatory and Antinociceptive Activities, *Journal of Ethnopharmacology*, 112: 356–360.
- Mitchell, R.B., Abernety, R.J. & Mcgimpsey, J.A., (1995). Herbicide Tolerance of Transplanted Dalmatian Sage Oregano. In A.J. Popay (ed.). Proceedings of the 48. New Zealand Plant Protection Conference. 8-10 August. pp. 327 330. New Zealand.
- Nakipoğlu, M., (1993). Türkiye'nin bazı *Salvia L.* türleri üzerinde karyolojik araştırmalar I. *Salvia fruticosa* Mill., *Salvia tomentosa* Mill., *Salvia smyrnaea* Boiss. (Lamiaceae) *Turkish Journal ff Botany*. 17. 21-27.
- Rivera, D., Obon, C., & Cano, F., (1994). The Botany, History And Traditional Uses Of Three-Lobed Sage (*Salvia fruticosa* Miller) (Labiatae). *Economic Botany*, 48(2): 190-195.
- Santos-Gomes, P.C., Seabra, R.M., Andrade, P.B. & Fernandesferreira, M., (2002). Phenolic Antioxidant Compounds Produced by in Vitro Shoots of Sage. *Plant Science*. 162: 981-987.
- Turgut, K., Baydar, H., & Telci, İ., (2023). Cultivation and breeding of medicinal and aromatic plants in Turkey. In Medicinal and Aromatic Plants of Turkey (pp. 131-167). Cham: Springer International Publishing.
- Zohary, M., (1966). Flora Palaestina Vol. I. Jerusalem: The Israel Academy of Sciences and Human.

BÖLÜM XV

TÜRKİYE TIBBİ-AROMATİK BİTKİLERİNE GENEL BAKIŞ: CBS TABANLI HARİTALAMA

Dr. İbrahim AYTAŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514792>

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Planlama ve Tasarımı Ana Bilim Dalı, Çankırı, Türkiye. aytasibrahim@karatekin.edu.tr,
OrcID: 0000-0002-0997-5862

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca bitkiler barınma, savunma, besin eldesi, ısınma, gibi ihtiyaçların yanında hastalıklara şifa bulma amacıyla sıklıkla kullanılmıştır. Son yüzyılda tıp bilimindeki hızlı ilerleyiş, önceleri genellikle halk tıbbında çeşitli şifaları yönüyle kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini günden güne artırmış ve bu bitkiler çeşitli branşların ve sektörlerin ilgi duyduğu bir pazara kavuşmuştur. Günümüzde tıbbi ve aromatik bitkilerin bitki materyali olarak park ve bahçelerde geniş yer bulduğunu söylemek de mümkündür.

Tıbbi ve aromatik bitkiler; bitkisel peyzaj tasarımlarında kullanılmasının yanında çeşitli hastalıkları iyileştirmek, önlemek ya da sağlıklı bir vücut bütünlüğüne sahip olmak amaçlarıyla kullanılabilen, özellikle hoş koku ve estetik özellikleriyle dikkat çeken bitkilerdir. Sağlık sektöründe antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, sınırları koruyucu, kan şekeri düşürücü, antikanserojenik etkileri kanıtlanmış olan birçok tıbbi ve aromatik bitki türü bulunmaktadır (Alnamer vd., 2012; Sakr ve Lamfon, 2012; Birtić vd., 2015; Özçay Gökçen, 2017). Genellikle biyoaktif kısımlarının kurutulması yoluyla yararlanılan tıbbi ve aromatik bitkiler, vücut bakımı, kozmetik, tütsü, çeşni, uçucu yağ olarak, yemeklerde lezzet verme amaçlı baharat olarak, bitkisel ilaçlarda ve bitkisel çay olarak sıklıkla tercih edilmektedir (Aslan vd., 2015; Pouya ve Demir, 2017; Temel vd., 2018).

Türkiye’de doğal türlerin coğrafi yayılışları hakkında birçok akademik çalışma (Güneş vd., 2023) mevcutken, tıbbi ve aromatik bitkilerin yayılışları hakkındaki çalışmalar (Güre, 2006; Dülgeroğlu ve Ünal, 2014; Dülgeroğlu ve Aksoy, 2018; Kaplan, 2018; Şahin, 2018; Eminağaoğlu vd., 2023) ise sınırlı sayıdadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler alanındaki her konudan lisansüstü tez düzeyindeki araştırmalara son 15 yılda yoğunlaştığı görülmektedir (Çimen, 2009; Çavuşoğlu, 2024). Bu nedenle, literatüre yeni bir boyut kazandıracığı düşünüldüğü için, bu çalışmada, estetik ve fonksiyonel işlevleriyle öne çıkan ve geleneksel ve modern tıpta etkili olduğu düşünülen bazı tıbbi ve aromatik bitki türleri araştırılmıştır. Ülke ekonomisine önemli katkıları olan bu türlerin Türkiye’deki doğal yayılış alanları incelenmiş ve CBS tabanlı haritalama yoluyla görselleştirilmiştir. Bu çalışmayla, tıbbi ve aromatik bitkilerin ülke için öneminin anlaşılması ve farkındalığın artırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, çalışmanın Türkiye’nin her bir coğrafi bölgesinde gelecekte

gerçekleştirilebilecek tıbbi ve aromatik bahçe uygulamaları ile kurakçıl peyzaj tasarımlarına rehber olması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırmanın materyalini, estetik ve fonksiyonel işlevleriyle öne çıkan ve geleneksel ve modern tıpta etkili olduğu düşünülen bazı tıbbi ve aromatik bitki türleri oluşturmaktadır. Bu türler; *Salvia fruticosa* Mill. (adaçayı), *Rosmarinus officinalis* L. (biberiye), *Rosa canina* L. (kuşburnu), *Cornus mas* L. (kızılcık), *Rhus coriaria* L. (derici sumacı), *Thymbra spicata* L. (zahter), *Thymus praecox* Opiz (kekik), *Achillea millefolium* L. (civanperçemi), *Calendula arvensis* L. (öküzgözü/portakal nergisi) ve *Primula vulgaris* Huds. (çuha çiçeği) olmak üzere 10 türdür.

Çalışmada seçilen türlerin bulunduğu lokasyonlar literatür taraması ile belirlenmiş, CBS yardımıyla sayısal ortamda noktalar atılmış ve haritalandırılmıştır. Haritalama işleminde ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Tıbbi ve aromatik bitki türlerine ait lokasyonların yazılım yardımıyla nokta veri tipi kullanılarak sayısallaştırılması sağlanmıştır. Sayısal ortama birebir gerçekle uyumlu şekilde eklenen noktaların doğrudan doğal alanlara işaret edemeyeceği düşünülerek, literatür dışındaki noktalar bu çalışmadaki veri tabanından çıkarılmış ya da literatürde olup da GBIF veri tabanında olmayan lokasyonlar eklenmiştir. Böylece çalışmanın daha doğru sonuçlara ulaşması sağlanmıştır. Son olarak, “Kernel yoğunluk analizi” ile birlikte türlerin noktasal veri tabanlı yayılım alanları yoğun ve seyrek olma durumuna göre analiz edilmiştir.

Kernel yoğunluk analizi, tanımlı yarıçapı olan bir çember içerisinde kalan noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir (ArcGIS, 2020). Diğer bir ifadeyle, belirli bir bant genişliği yarıçapındaki çember içerisindeki noktasal yoğunluktur (Çolak ve Çan, 2007). Burada temel mantık, nonparametrik tahminlere dayalı bir yöntem olan Kernel yoğunluğunun arka plandaki bilinmeyen yoğunluk fonksiyonunun üzerinden bir yüzey oluşturmasıdır. Bunun için, gözlemlenen her nokta üzerine iki değişkenli olasılık yoğunluk fonksiyonu yerleştirilir ve hesaplanır. Yüzey değeri gözlem noktasına yaklaştıkça (dairesel olarak) artar ve noktanın bulunduğu konumunda ise en yüksek değere ulaşmaktadır (Silverman, 1986).

İki boyut özelliği taşıyan nokta veri tipinde kullanılan Kernel yoğunluk analizi için hesaplama formülü aşağıda verilmiştir (Silverman, 1986; Seaman ve Powell, 1996).

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left(\frac{d_i}{h} \right)$$

$f(x)$: Yoğunluk değeri (x, y)

n : Gerçekleşen gözlem sayısı

d_i : Noktalar arasındaki mesafe ve lokasyon (x, y)

h : Bant genişliği

K : Yoğunluk fonksiyonu

Bu çalışmayla belirlenen 10 farklı tıbbi ve aromatik bitki türünün noktasal verileri ile yapılan Kernel yoğunluk analizi için “ArcMap” yazılımındaki “ArcToolbox” araç kutusunda yer alan “Spatial Analyst Tools → Density” başlıklarının altındaki “Kernel Density” aracı kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada estetik, tıbbi ve aromatik etkiler yönünden belirlenen 10 bitki türünün nokta verilerinin baz alındığı yoğunluk analizi yöntemiyle sayısal ortamda haritalandırılması yapılmıştır. Buna göre, türlerin doğal yayılış alanları ve bazı önemli özellikleri aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.

3.1. *Salvia fruticosa* Mill.

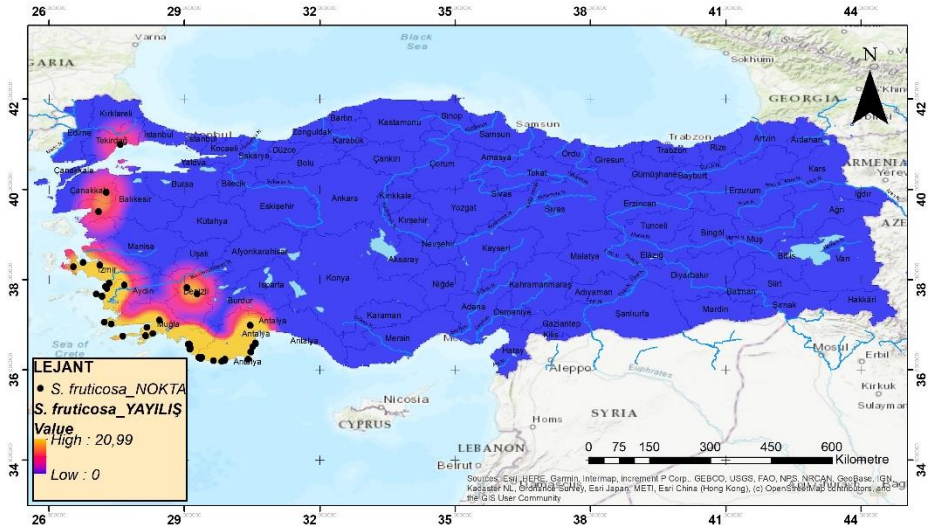
Salvia fruticosa Mill., genel olarak 1 m’ye kadar boylanabilen, çok dallı ve çalı formundaki bir herdemyeşil aromatik bitkidir. Mart, Nisan ve Mayıs aylarında çiçek açan bitki, tipik bir Akdeniz türü olmakla birlikte, maki ve frigana alanları içerisindeki kireçtaşı kayalıkları arasında doğal yetiştirme ortamını bulmaktadır (Hedge, 1982; Akkemik, 2023).

S. fruticosa uykusuzluk, ishal, apse, solunum hastalıkları, kas ve iskelet problemleri, sinir rahatsızlıkları, yaraları tedavisi gibi birçok tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır (Gürdal ve Kültür, 2013). Bunun dışında, yemeklere baharat olarak, sıvı gıdalarda aroma verici olarak ve böcek kovucu amaçlarla kullanımının yanında kozmetik ve parfümeri sektöründe de sıklıkla tercih edilmektedir. Türün antioksidan etkisinin yanında aromaterapide de kullanımı yaygındır (Gali-Muhtasib, 2006).

Dünyada doğal yayılışını genel hatlarıyla İtalya, Sicilya, Kıbrıs, Akdeniz Havzası, Batı Suriye, Türkiye ve Balkanlar'da yapan *S. fruticosa*, Türkiye'de ise Kuzeybatı, Batı ve Güneybatı Anadolu'daki deniz seviyesinden 700 m'ye kadar olan genellikle sahil kesimlerinde dağılıma sahiptir (Hedge, 1982; Akkemik, 2023).

Bu çalışmada ulaşılabilen 47 farklı lokasyon noktasıyla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Hedge, 1982; Akkemik, 2023; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Tekirdağ, Balıkesir, İzmir, Aydın, Muğla ve Antalya illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF (Küresel Biyoçeşitlilik Danışma Tesisi) verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 2.283 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 49 kayıt işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *S. fruticosa* yayılış haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. *Salvia fruticosa* Mill. türünün Türkiye'deki doğal yayılış alanları

3.2. *Rosmarinus officinalis* L.

Rosmarinus officinalis L., yaklaşık 2 m'ye kadar dikey veya yatay yönlere boylanabilen, çok dallı, herdemyeşil aromatik çalı türüdür. Şubat - Mayıs aralığında çiçek açan, tipik bir Akdeniz havzası türü olan bitki, habitat

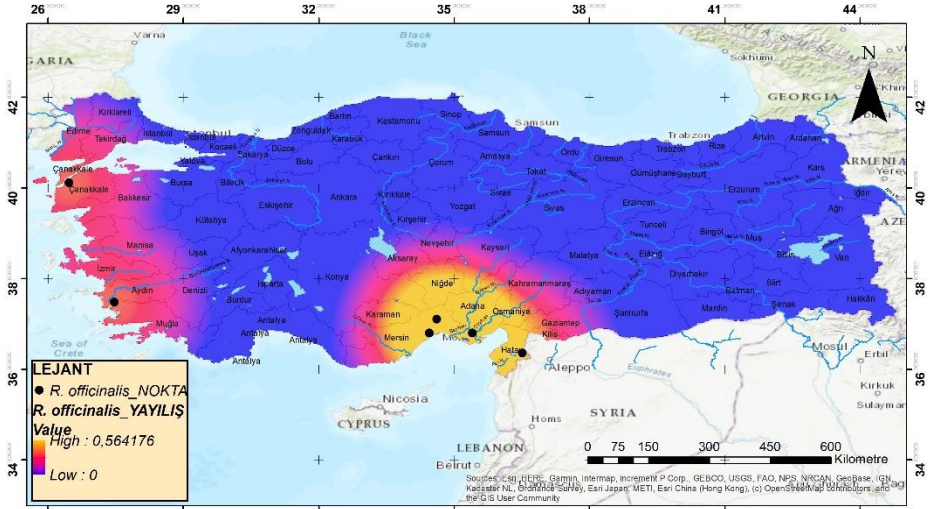
olarak makiliklerdeki kalkerli-şist yamaçları tercih etmektedir (Mill, 1982; Akkemik, 2023).

Sağlık alanında kullanımı yönüyle *R. officinalis* antienflamatuvar, sinirleri koruyucu, yaşlanma önleyici, antiadipojenik, antikanserojenik etkileri nedeniyle sıklıkla tercih edilmekle birlikte, kozmetik sanayiinde ve ağız sağlığında da kullanılabilir (Birtić vd., 2015). Hem lezzetli oluşu hem de tıbbi açıdan pozitif anlamda kanıtlanagelen şifai etkileri nedeniyle adından sıkça söz ettirmektedir. *R. officinalis*'in virüsler, bakteriler ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivitesi çeşitli deneylerle kanıtlanmıştır (Nyukuri vd., 2013; Brochot vd., 2017). Ayrıca hayvan yemi katkı maddesi olarak ve tuzluluğun neden olduğu stresi azaltma amacıyla (Yusuf, 2024) tarımda da uygulama alanı bulmaktadır.

Dünyada doğal yayılışını genel olarak Akdeniz Havzası ülkeleri ile Mısır ve Kafkasya'da yapan *R. officinalis*, Türkiye'de ise Kuzeybatı ve Güney Anadolu'daki genellikle denize yakın 30-250 m rakım aralığında, *Pinus brutia* ile *Erica manupuliflora* arasında ve yol kenarlarında doğal yayılışa sahiptir (Mill, 1982; Akkemik, 2023).

Bu çalışmada ulaşılabilen 6 farklı lokasyon noktasıyla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Mill, 1982; Akkemik, 2023; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Çanakkale, Adana, Mersin ve Hatay illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 401.118 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise sadece 5 kayıt işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *R. officinalis* yayılış haritası Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. *Rosmarinus officinalis* L. türünün Türkiye’deki doğal yayılış alanları

3.3. *Rosa canina* L.

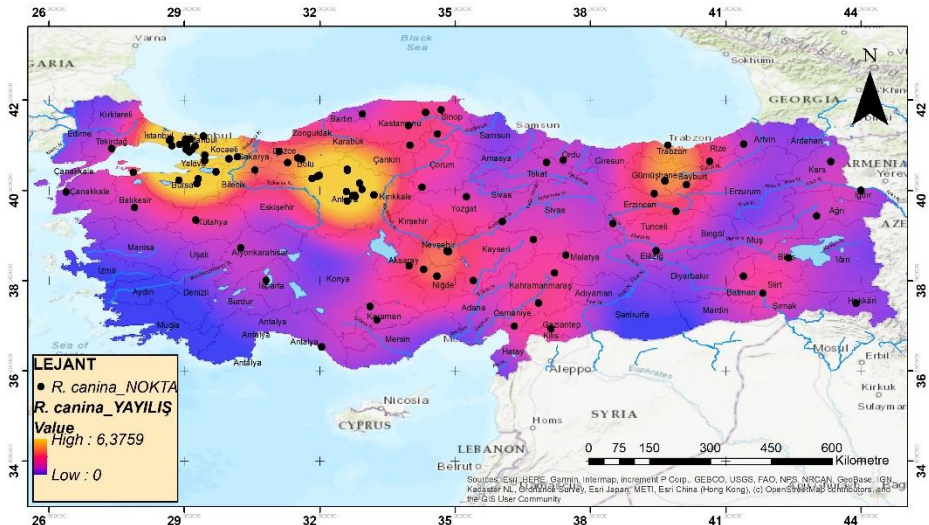
Rosa canina L., 3 m’ye kadar dikey yönde boylanabilen, nadiren sarılıcı formda, çok dallı, kışın yaprağını döken bir çalı türüdür. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında pembe çiçek açan tür, yaz sonu ve sonbahar aylarında kırmızı küremsi-yumurtamsı meyve verir. Bu meyveler yaygın olarak çay ve marmelat yapımında kullanılmaktadır. Türkiye’nin hemen her bölgesindeki kıyı alanlarında, kayalık yamaçlarda, orman ve orman içi açıklıklarda doğal olarak rahatlıkla yetişebilmektedir (Nilsson, 1972; Akkemik, 2023).

R. canina çay, marmelat, reçel, pekmez, meyve suyu yapımında kullanıldığı gibi halk tıbbında yan bölge ağrıları, ishal, diş eti kanaması, böbrek ve mesane taşı, göğüs ağrıları gibi rahatsızlıklara karşı da kullanılmaktadır (Öz vd., 2018). Türün hastalarda ilaç kullanımının yanında takviye edici gıda şeklinde kullanıldığında romatoid artrit, kanser, osteoartrit vb. bazı kronik rahatsızlıklarda oldukça olumlu etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Fan vd., 2014).

Dünyada doğal yayılışını Kuzeybatı Afrika, Irak, Lübnan, Kafkasya, Kaşmir, Afganistan, Pakistan, Orta Asya, Türkiye ve Avrasya’da yapan *R. canina*, Türkiye’de ise denizden 2700 m rakıma kadar olan tüm bölgelere yayılmış durumdadır (Nilsson, 1972; Akkemik, 2023).

Bu çalışmada ulaşılabilen 99 farklı lokasyon noktasıyla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Nilsson, 1972; Akkemik, 2023; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının bazı iller haricinde (Muğla-Aydın bölgesi ve Şanlıurfa kesimi) Türkiye'yi kapladığı belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 344.640 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 176 kayıt farklı kullanıcılar tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *R. canina* yayılış haritası Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. *Rosa canina* L. türünün Türkiye'deki doğal yayılış alanları

3.4. *Cornus mas* L.

Cornus mas L., 8 m'ye kadar dikey doğrultuda boylanan, çok dallı, kışın yaprağını döken, genellikle çalı bazen ağaççık formundaki bitki türüdür. Erken ilkbaharda (Mart) yapraklanmadan önce sarı renkte çiçek açan bu tür, Mayıs ortalarına kadar çiçekte kalır. Sonbahar aylarında olgunlaşan parlak kırmızı renkteki eliptik meyveleri ekşi ve yenilebilir özelliktedir. Habitat olarak ise geniş yapraklı ormanlar ile çalılık alanları seçmekle birlikte, düzlük ve tepeliklerde, özellikle humusça zengin kalkerli topraklar üzerinde sıkça görülebilmektedir (Chamberlain, 1972; Kayacık, 1982; Akkemik, 2023).

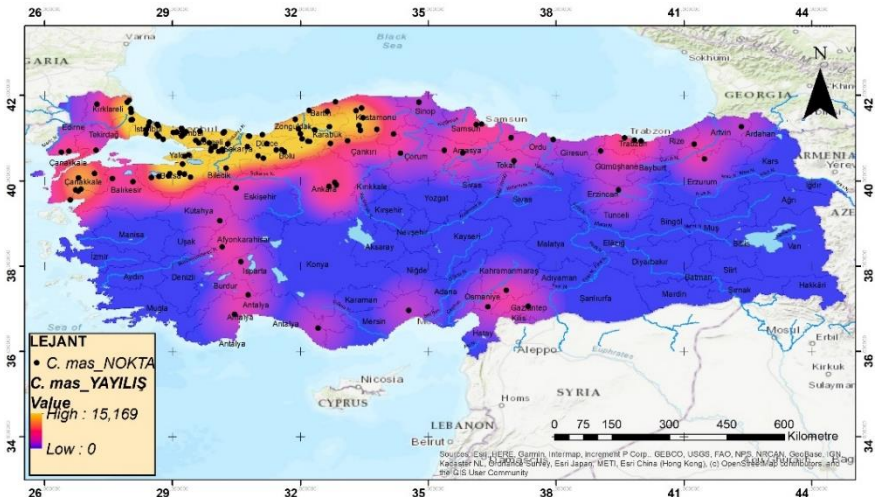
C. mas, neredeyse tüm kısımları geleneksel tıpta raşitizm, ishal, anemi, hemoroid, karaciğer problemleri, böbrek hastalıkları, sindirim problemleri,

kızamık hastalıklarının iyileştirilmesinde kullanılan bir bitkidir. Cilt hastalıklarını ve çıbanları tedavi etme özelliği vardır (Kim ve Kwak, 1998). Ayrıca, tütün tıp alanında antiinflamatuvar, antioksidan, antidiyabetik, antiobezite, antimikrobiyal, hafıza güçlendirici gibi pozitif etkilerinin araştırıldığı akademik çalışmalar mevcuttur (Mamedov ve Craker, 2002; Tural ve Koca, 2008; Perova vd., 2014). Eski çağlardan bu yana kültüre alınan tütün meyvelerinden reçel, marmelat, şurup ve meşrubat yapılabilmektedir.

Dünyada doğal yayılışını Orta ve Güneydoğu Avrupa, Kırım, Güney Rusya, Kuzey ve Kuzeybatı İran, Türkiye ve Kafkasya'da yapan *C. mas*, Türkiye'de ise Kuzey ve Güney Anadolu'da genellikle 20-1.500 m rakım aralığında dağılışa sahiptir (Chamberlain, 1972; Kayacık, 1982; Akkemik, 2023).

Bu çalışmada ulaşılabilen 120 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Chamberlain, 1972; Akkemik, 2023; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak İstanbul, Tekirdağ, Bolu, Trabzon, Artvin, Erzurum, Kütahya, Çorum, Ankara, Isparta, Maraş, Mersin ve Antalya illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, tütün dünyada veri tabanına girilen 117.999 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 162 kayıt farklı gözlemciler tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *C. mas* yayılış haritası Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. *Cornus mas* L. türünün Türkiye'deki doğal yayılış alanları

3.5. *Rhus coriaria* L.

Rhus coriaria L., 2-3 m'ye kadar boylanabilen, çok dallı, kışın yaprağını döken, çok yıllık bir çalı türüdür. Haziran ve Temmuz aylarında yeşilimsi beyaz renkte çiçek açmaktadır. Çekirdekli sulu meyveleri kırmızımsı renkli, küremsi, tüylü, küçük ve tadı da ekşidir. Türkiye'de geniş bir yayılışa sahip olan tür, çalılıklar, yol kenarları, orman içi açıklıklar ve maki içlerinde habitata sahiptir (Davis vd., 1967; Kayacık, 1982; Akkemik, 2023).

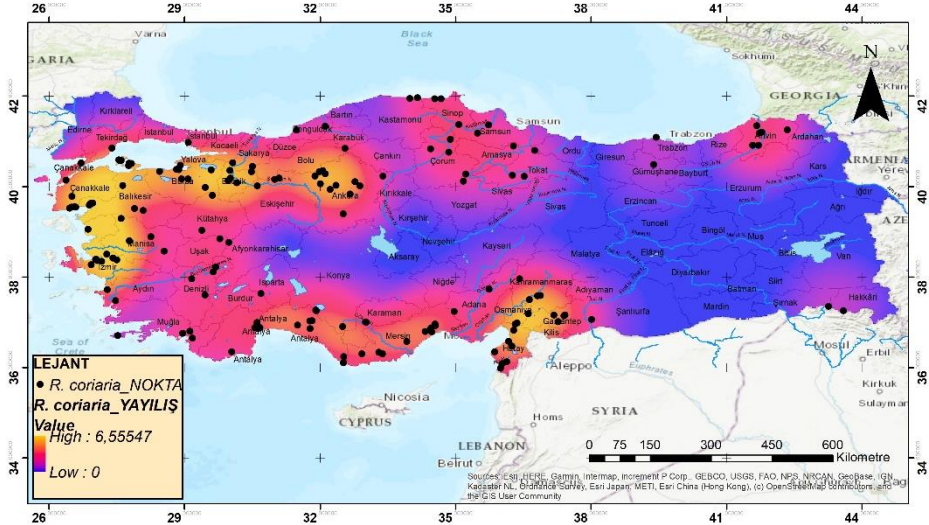
R. coriaria, sumak ekşisi olarak, ayrıca kozmetikte, deri işlemede ve boyacılıkta kullanılmaktadır. Tadının ekşi olması sebebiyle kurutulan meyvelerinden Anadolu mutfağında sumak baharatı olarak faydalanılır. Özellikle Güney Anadolu'da yaprakları kurutularak ufalanıp torbalarda satışa sunulmaktadır. Sumak Hatay, Mardin, Urfa ve Diyarbakır'da oldukça meşhurdur ve sık tüketilmektedir (Kayacık, 1982). Türün antimikrobiyal, antiviral, antioksidan ve antienflamatuar etkilerinin yanında, karaciğer onarımı, lökopeni, antihemolitik, sitotoksik ve antifibrojenik etkileri olduğu birçok akademik çalışmayla kanıtlanmıştır. İlaç ve gıda sanayisinde kullanılmasıyla birlikte, veterinerlikte hayvan sağlığında da öne çıkmaktadır. Tanen ve uçucu yağlar bakımından oldukça zengin içeriğe sahip olan sumak bitkisinin bünyesindeki uçucu yağlar kendine has lezzeti kazanmasını sağlarken, türün birtakım hayvansal ürünlerin oksidatif stabilitesini ve gıda kalitesini ve birçok ürünün raf ömrünü arttırdığı bilinmektedir (Akay vd., 2023).

Dünyada doğal yayılışını Akdeniz çevresi, Kırım, Kafkasya, Türkiye ve Kuzey İran'da yapan *R. coriaria*, Türkiye'de ise Kuzey, Batı, Doğu ve Güney Anadolu'da genellikle 600-1.900 m rakım aralığında dağılışa sahiptir (Davis vd., 1967; Akkemik, 2023).

Bu çalışmada ulaşılabilen 163 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Davis vd., 1967; Akkemik, 2023; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak İstanbul, Artvin, Kastamonu, Gümüşhane, Amasya, Çanakkale, Kütahya, Ankara, İzmir, Denizli, Hakkari, Adana, Gaziantep ve Antalya illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 11.400 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye

sınırları içerisinde ise 208 kayıt farklı kullanıcılar tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *R. coriaria* yayılış haritası Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. *Rhus coriaria* L. türünün Türkiye'deki doğal yayılış alanları

3.6. *Thymbra spicata* L.

Thymbra spicata L., 10-50 cm'ye kadar büyüeyebilen, çok yıllık, sert ve bodur çalı formundaki türdür. Haziran ve Temmuz aylarında morumsu kırmızı, açık mor veya pembe renkte çiçek açan bir bitkidir. Habitat olarak ise genellikle kalkerli alanlardaki kuru kayalık bölgeleri, çalı içlerini, frigana, makilikleri ve bozkır tercih etmektedir (Davis, 1982; Akkemik, 2023).

T. spicata bitkisinin kurutulmuş yaprak ve çiçekleri özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve Hatay'da bitkisel çay, baharat, limon suyu karışımı salamura şeklinde kullanılmaktadır. Türün taze sürgünleri zeytinyağında muhafaza edilerek salata malzemesi olarak tercih edilmektedir. Birtakım kuruyemiş ve bazı baharatlar eşliğinde hazırlanan karışımı ise 'kahvaltılık zahter' ismiyle anılmakta ve salça, sucuk, konserve, içki gibi ürünlerin yapımında da değerlendirilebilmektedir (Baytop, 1999; Kızıl ve Tonçer, 2003). Ayrıca, antioksidan, antimikrobiyal, karaciğeri koruyucu gibi birçok pozitif etkilere sahip olan zahter bitkisi, halk tıbbında hazmı kolaylaştırıcı etkisiyle birlikte, soğuk algınlığı, mide ağrıları, bronşit, astım,

3.7. *Thymus praecox* Opiz

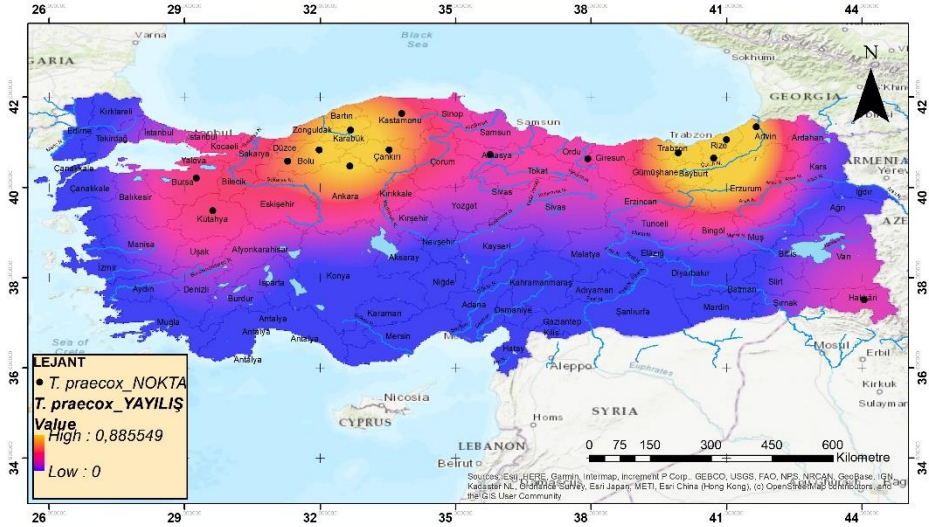
Thymus praecox Opiz (Kekik), 20-30 cm'ye kadar boylanabilen, çok yıllık, odunsu ot formdaki bir türdür. Mayıs ayından başlayarak Eylül'e kadar çiçekte (pembemsi-mor) kalmaktadır. Türkiye'de kuzey kesimlerde yayılışa sahip olan tür, habitatını taşlı ve kayalık dağ yamaçlarında bulur (Jalas, 1982).

T. praecox bitkisinin genellikle çiçekli dalları, polenleri ve yaprakları kullanılmaktadır. Bünyesindeki uçucu yağlar antiseptik, dezenfektan ve deodorant özelliği taşımaktadır. Türün nezle, grip, eklem ağrıları, boğaz ve solunum problemleri, çeşitli iltihaplı hastalıklar, kan şekeri kontrolü, kalp çarpıntıları, yanıklar, iştah problemi, hazmı kolaylaştırıcı birçok olumlu etkileri nedeniyle tercih edildiği belirtilmektedir (Bown, 1995; Eminağaoğlu, 2021).

T. praecox'un Türkiye'de yayılış gösteren 4 alttürü bulunmaktadır. Bunlardan Türkiye'de en geniş yayılış gösteren "*T. p. jankae* (Celak) Jalas var. *jankae* Opiz" dünyada doğal yayılışını Türkiye ve Balkanlar'da yapmakta, Türkiye'de ise Kuzey Anadolu'da genellikle 1.600-3.600 m rakım aralığında dağılım göstermektedir. Diğer bir alttür olan "*T. p. jankae* (Celak) Jalas var. *laniger* (Borbas) Jalas" ise Amasya yöresinde 1.000-3600 m'de doğal olarak yetişen endemik bir bitkidir. Başka bir alttür, Türkiye'de Kuzeydoğu (Artvin, Rize, Trabzon) ve Güneydoğu (Hakkâri) Anadolu'da doğal yetişen "*T. p. caucasicus* (Ronniger) Jalas var. *grossheimi* (Ronniger)"dir. Bu türün anavatanı Türkiye'nin yanında Kafkasya ve Kuzeybatı İran'dır. Son olarak, "*T. p. caucasicus* (Ronniger) Jalas var. *caucasicus* (Ronniger) Jalas" ise Artvin yöresinde doğal yetişen ve yayılışı Kafkasya ve Kuzeybatı İran'a kadar uzanan diğer bir alttürdür (Jalas, 1982; TUBİVES, 2024).

Bu çalışmada ulaşılabilen 17 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Jalas, 1982; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Artvin, Rize, Trabzon, Kastamonu, Bolu, Amasya, Çankırı, Bursa, Kütahya, Ankara ve Hakkâri illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 137.538 kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 7 kayıt farklı kullanıcılar tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *T. praecox* yayılış haritası Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. *Thymus praecox* Opiz türünün Türkiye’deki doğal yayılış alanları

3.8. *Achillea millefolium* L.

Achillea millefolium L., 1m’ye kadar büyüeyebilen, çok yıllık, otsu bir bitki türüdür. Haziran ayından Ekim başına kadar çiçekte kalan türün beyazımsı-sarımsı renkte çiçekleri bulunmaktadır. Habitat olarak ise genellikle dağ çayırıklarını veya kurak taşlıklı yamaçları tercih etmektedir (Davis, 1965; TUBİVES, 2024).

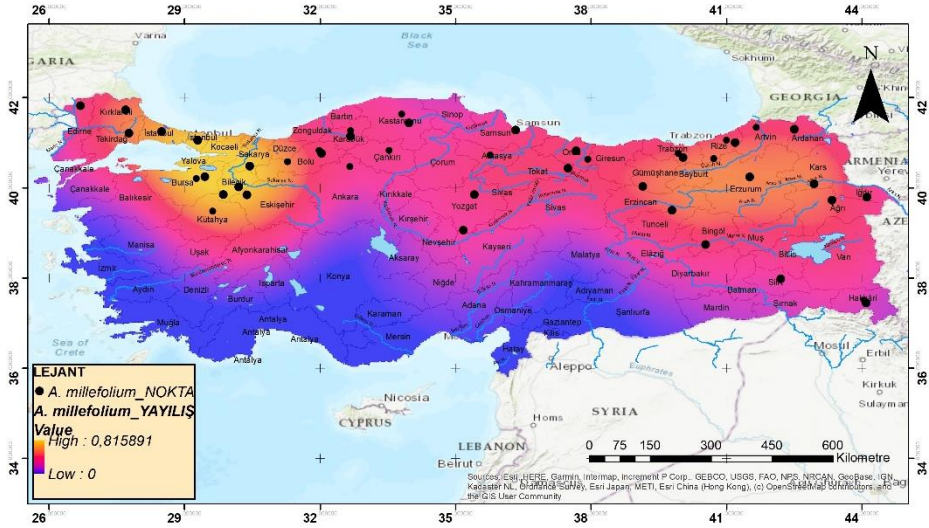
A. millefolium, kadın hastalıklarının yanısıra yara, astım, iltihap hastalıklarında etkin bir bitki türüdür. Türün kullanılan kısımları toprak üstü organları ve çiçekleridir (Eminağaoglu, 2023). Türün yaprakları ve çiçeklerinden yeşil boya elde edilmektedir. Ayıltıcı, mide koruyucu, ateş düşürücü gibi tıbbi özellikleri bulunmaktadır (Yıldırım, 2015).

A. millefolium’un Türkiye’de yayılış gösteren 2 alttürü bulunmaktadır. Bunlardan Türkiye’de en geniş yayılış gösteren “*A. m. subsp. millefolium* L.” dünyada doğal yayılışını Avrupa, Kafkasya, İran, Sibiryaya, Türkiye ve Himalaya’da yapmakta, Türkiye’de ise Kuzey ve Doğu Anadolu’da yaklaşık 500-3.450 m rakım aralığındaki dağ çayırıklarında dağılım göstermektedir. Diğer bir alttür olan “*A. m. subsp. pannonica* (Scheele) Hayek” ise dünya genelinde yayılışını Orta Avrupa, Batı Rusya, Türkiye ve Balkanlar’da

yapmakta, Türkiye’de ise Kuzeybatı Anadolu’da ve lokal olarak Ordu ilinde 0-800 m’deki kurak taşlık yamaçlarda doğal olarak yetişmektedir (Davis, 1965; TUBİVES, 2024).

Bu çalışmada ulaşılabilen 30 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Davis, 1965; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, İstanbul, Karabük, Kastamonu, Bolu, Bursa, Bilecik, Kars, Ordu, Rize, Gümüşhane, Erzurum, Ağrı, Yozgat, Tunceli, Siirt ve Hakkâri illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 1.387.732 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 21 kayıt farklı gözlemciler tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *A. millefolium* yayılış haritası Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. *Achillea millefolium* L. türünün Türkiye’deki doğal yayılış alanları

3.9. *Calendula arvensis* L.

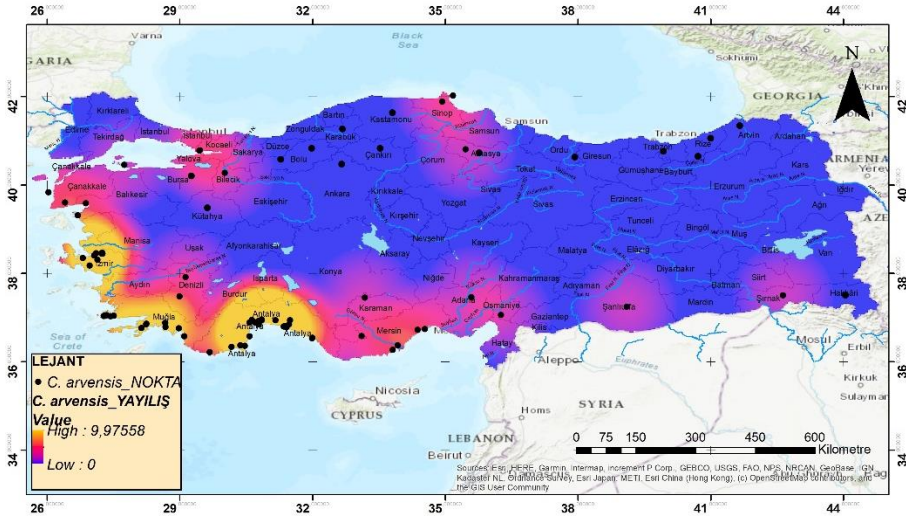
Calendula arvensis L., 15-30 cm'ye kadar büyüeyebilen, tek yıllık bir otsu bitkidir. Türün çiçeklenme dönemi Ocak - Haziran ayları arasındır. Portakal turuncusu renginde çiçekler açmaktadır. Türkiye'de habitat alanlarını ise ovalar, ekili tarlalar, kayalık tepe yamaçları, boş alanlar ve yol kenarları oluşturmaktadır (Davis, 1965; TUBİVES, 2024).

C. arvensis, yatıştırıcı, antibakteriyel, analjezik, lenfatik, yumuşatıcı, safra söktürücü, antitümör, antiinflamatuvar, antioksidan, antiparaziter, antiviral ve antiseptik aktiviteler de dâhil olmak üzere bir dizi terapötik özellik göstermektedir. Türün tıbbi bir bitki olarak ekonomik önemi ve kozmetik, parfüm, ilaç preparatları ve gıda maddelerinin üretiminde yaygın olarak kullanılması nedeniyle sağlık alanındaki ilgisi giderek artmaktadır (Gazim vd., 2008; Servi vd., 2020).

Dünyada doğal yayılışını Güney Avrupa, İran, Afganistan, Türkiye ve Kafkasya'da yapan *C. arvensis*, Türkiye'de ise tüm sınırlara yakın kesimlerdeki deniz seviyesinden yaklaşık 2.000 m rakıma kadar olan arazilerde dağılış yapmaktadır (Davis, 1965; TUBİVES, 2024).

Bu çalışmada ulaşılabilen 66 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Davis, 1965; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Sinop, Kocaeli, Çanakkale, Bilecik, Balıkesir, Amasya, İzmir, Denizli, Şırnak, Şanlıurfa, Adana ve Antalya illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 43.702 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 86 kayıt farklı kullanıcılar tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *C. arvensis* yayılış haritası Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. *Calendula arvensis* L. türünün Türkiye’deki doğal yayılış alanları

3.10. *Primula vulgaris* Huds.

Primula vulgaris Huds., 2-20 cm’ye kadar büyüeyebilen, yumru köklü, çok yıllık bir otsu bitkidir. Türün çiçeklenme dönemi erken ilkbaharla birlikte Mart - Haziran ayları arasındır. Pembe-leylak, sarı ve beyaz renklerinde çiçekler açmaktadır. Türkiye’de habitat alanlarını ise nemli ve gölgeli yamaçlar ile alpin çalılıklar oluşturmaktadır (Davis, 1965; Uluocak, 1994; TUBİVES, 2024).

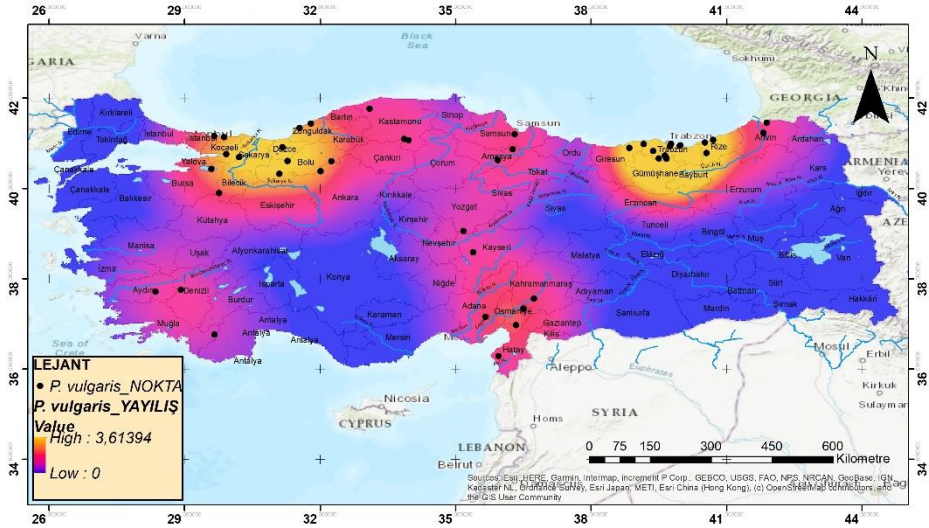
P. vulgaris bitkisinin halk tıbbında ve modern tıpta kullanılan kısımları kök, yaprak ve çiçekleridir. Triterpen saponinler, flavonoidler, fenolik asitler, fenolik glikozitleri gibi etken maddeler içeren türün balgam söktürücü, öksürük, diüretik, grip, uykusuzluk, migren hastalıklarını tedavi edici özelliği bulunmaktadır (Eminağaoğlu, 2023).

Dünyada doğal yayılışını Orta, Batı ve Güney Avrupa, Kuzeybatı Afrika, Lübnan, Türkiye ve Transkafkasya’da yapan *P. vulgaris*, Türkiye’de ise tüm kuzey kesimlerle birlikte, Güney Anadolu (Adana ve civar illerde) ve Aydın ili yöresinde ise lokal olarak yaklaşık 500-2.100 m rakımdaki arazilerde dağılıp yaymaktadır (Davis, 1965; TUBİVES, 2024).

Bu çalışmada ulaşılabilen 47 farklı noktayla temsil edilen tür, literatürden alınan lokasyonlarla uyumludur. Türe ilişkin literatürde (Davis, 1965; TUBİVES, 2024), yayılış alanlarının kuzeyden başlayarak Samsun, Kastamonu, Trabzon, Bolu, Bursa, Amasya, Kayseri, Aydın, Kahramanmaraş,

Adana ve Hatay illerinin sınırlarına girdiği belirtilmektedir. GBIF verilerine göre, türün dünyada veri tabanına girilen 172.345 adet kaydı bulunmakla birlikte, Türkiye sınırları içerisinde ise 89 kayıt farklı kullanıcılar tarafından işlenmiştir (GBIF, 2024).

Belirlenen noktalar kullanılarak Kernel Yoğunluk Analizi ile oluşturulan *P. vulgaris* yayılış haritası Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. *Primula vulgaris* Huds. türünün Türkiye'deki doğal yayılış alanları

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, estetik ve fonksiyonel işlevleriyle öne çıkan ve geleneksel ve modern tıpta etkili olduğu düşünülen bazı tıbbi ve aromatik türler ait lokasyonların yazılım yardımıyla nokta veri tipiyle sayısallaştırılması sağlanarak Kernel Yoğunluk Analizi ile birlikte türlerin yayılış alanları analiz edilmiştir. Buna göre; *S. fruticosa*, *R. officinalis*, *C. arvensis* Türkiye'nin daha çok batı, güneybatı ve güney kesimlerinde yayılış gösterirken, *C. mas*, *T. praecox* ve *P. vulgaris* ise bazen orta iç kesimlere ve güneye inebildiği gibi kuzeybatı ve kuzey kesimlere daha yoğunluklu olarak yayılmaktadır. *A. millefolium*, Türkiye'nin kuzeybatı, kuzey ve doğu kesimlerinde daha yoğun bir biçimde yayılış göstermektedir. *R. canina*, *R. coriaria*, *T. spicata* ise, coğrafi yayılış olarak ülke genelinde ortaya çıkmıştır.

Zengin bitki çeşitliliğine sahip Türkiye'de doğal olarak yetişen çok sayıda tıbbi ve aromatik bitki türü bulunmasına rağmen, bunların peyzaj

tasarım ve uygulamalarında kullanımı sınırlıdır ve kapsamlı akademik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Türlerin yayılış alanlarının haritalanması da bu amaca hizmet edebilecek önemli bir çıktı olarak düşünülebilir. Ayrıca çalışmanın görsel çıktıları şifalı bitkilerin tarımsal üretimi noktasında çiftçilere ve diğer üreticilere pratik bir fikir sağlayabilir. Bu haritalama çalışmasının gelecekte özellikle kentsel alanlarda yapılacak tıbbi ve aromatik bitki bahçe tasarım çalışmalarına ve kurakçıl peyzaj uygulamalarına da katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akay, E., Yılmaz, İ., & Eyioğlu, U. (2023). Sumak (*Rhus coriaria* L.) bitkisinin fitoterapide kullanımı ve gastronomik değeri. *Journal of Academic Tourism Studies*, 4(1), 56-65. doi: <http://dx.doi.org/10.29228/jatos.69344>
- Akkemik, Ü. (Ed.). (2023). *Türkiye'nin bütün ağaçları ve çalıkları*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Alnamer, R., Alaoui, K., Boudida, E., Benjouad, A., & Cherrah, Y. (2012). Psychostimulant activity of *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Journal of Natural Products*, 5, 83-92.
- ArcGIS. (2020). *Version 10.1*. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Aslan, N., Baydar, H., Kızıllı, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., & Gümüşçü, A. (2015). Tıbbi aromatik bitkiler üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. VII. *Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, Ankara.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye'de bitkiler ile tedavi: Geçmişte ve bugün*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Birtić, S., Dussort, P., Pierre, F. X., Bily, A. C., & Roller, M. (2015). Carnosic acid. *Phytochemistry*, 115, 9-19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.12.026>
- Bown, D. (1995). *Encyclopaedia of herbs and their uses*. London: DorlingKindersley.
- Brochot, A., Guilbot, A., Haddioui, L., & Roques, C. (2017). Antibacterial, antifungal, and antiviral effects of three essential oil blends. *MicrobiologyOpen*, 6(4), e00459. <https://doi.org/10.1002/mbo3.459>
- Chamberlain, D. F. (1972). *Cornus* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 539-541). Edinburg: Edinburg University Press.
- Çavuşoğlu, M. (2024). *Bazı tıbbi aromatik bitki türlerinin şeker hastalığına karşı (antidiyabetik) ve cilt yenileme (antiaging) özelliklerinin belirlenmesi; türlerin fitokozmetik ve fitofarmasötik potansiyellerinin ortaya konulması* (Doktora Tezi). Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

- Çimen, A. (2009). *Uzundere ve çevresinin tıbbi aromatik bitkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Çolak, H. E., & Çan, G. (2007). Sağlık CBS uygulamalarında konumsal kümeleme yönteminin kullanımı. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Trabzon.
- Davis, P. H. (Ed.). (1965). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Edinburg: Edinburg University Press.
- Davis, P. H. (1982). *Thymbra* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 382-384). Edinburg: Edinburg University Press.
- Davis, P. H., Coode, M. J. E., & Cullen, J. (1967). *Rhus* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 543-544). Edinburg: Edinburg University Press.
- Dülgeroğlu, C., & Aksoy, A. (2018). Küresel iklim değişikliğinin *Origanum minutiflorum* Schwarz & PH Davis' in coğrafi dağılımına etkisinin maximum entropi algoritması ile tahmini. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11(2), 182-190. doi: <https://doi.org/10.18185/erzifbed.384196>
- Dülgeroğlu, C., & Ünal, O. (2014). Maxent modellemesi ile dağ çayının (*Sideritis stricta* Bois.&Heldr.) potansiyel yayılış alanının belirlenmesi. *Doğa Turizmi ve Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu*, Kocaeli.
- Eminağaoğlu, Ö. (2021). *Artvin'de tıbbi aromatik bitki potansiyel alanlarının belirlenmesi (envanteri), halkın bilgi düzeyinin ölçülmesi, canlı materyal ve tohum temini*. 2021-TAB-01 nolu İhtisaslaşma Projesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Eminağaoğlu, Ö. (Ed.). (2023). *Artvin'in tıbbi-aromatik bitkileri*. Artvin: Zafer Medya.
- Eminağaoğlu, Ö., Saralioğlu, E., & Akıncı, H. (2023). *Coğrafi bilgi sistemleri ile Artvin ili tıbbi-aromatik bitkilerinin konumsal analizleri ve haritalanması*. Ö. Eminağaoğlu (Ed.), *Artvin'in tıbbi-aromatik bitkileri* (ss. 357-363). Artvin: Zafer Medya.

- Fan, C., Pacier, C., & Martirosyan, D. M. (2014). Rose hip (*Rosa canina* L): A functional food perspective. *Functional Foods in Health and Disease*, 4(12), 493-509. doi: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v4i12.159>
- Gali-Muhtasib, H. (2006). Anticancer and medicinal properties of essential oil and extracts of East Mediterranean sage (*Salvia triloba*). *Advances in Phytomedicine*, 2, 169-180. doi: [https://doi.org/10.1016/S1572-557X\(05\)02010-6](https://doi.org/10.1016/S1572-557X(05)02010-6)
- Gazim, Z. C., Rezende, C. M., Fraga, S. R., Svidzinski, T. I. E., & Cortez, D. A. G. (2008). Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) growing in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(1), 61-63. doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822008000100015>
- GBIF. (2024). *GBIF occurrence download*. Erişim tarihi: 21.11.2024. Erişim linki: <https://doi.org/10.15468/dl.eswvdr>
- Güneş, Y., Cık, Y., & Sarı, S. G. (2023). Kahramanmaraş Fırınz Havzası ağaç ve çalı türlerinin dağılımının cbs ile incelenmesi. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 5(2), 172-193. doi: <https://doi.org/10.57165/artgrid.1339487>
- Gürdal, B., & Kültür, Ş. (2013). An ethnobotanical study of medicinal plants in Marmaris (Muğla, Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 146(1), 113-126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.12.012>
- Güre, F. (2006). *Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile bazı bitki populasyonlarının belirlenmesi ve populasyonların karakterizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Hedge, I. (1982). *Salvia* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 400-461). Edinburg: Edinburg University Press.
- Jalas, J. (1982). *Thymus* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 349-384). Edinburg: Edinburg University Press.
- Kaplan, E. (2018). *Tıbbi aromatik bitkilerin uzaysal tabanlı sektörel gelişim planlaması ve ekonomik profilinin değerlendirilmesi: Tokat ili örneği* (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

- Kaya, D. A., Arslan, M., İnan, M., & Başkaya, S. (2013). Diurnal changes on content and composition of *Thymbra spicata* L. essential oil. *Research Journal of Biological Sciences*, 8(1), 6-10.
- Kayacık, H. (1982). *Orman ve park ağaçlarının özel sistematigi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kim, D. K., & Kwak, J. H. (1998). A furan derivative from *Cornus officinalis*. *Archives of Pharmacal Research*, 21, 787-789.
- Kızıllı, S., & Tonçer, Ö. (2003). Değişik azot dozlarının floradan toplanan karabaş kekik (*Thymbra spicata* var. *spicata* L.)'in bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 132-141.
- Mamedov, N., & Craker, L. E. (2002). Cornelian cherry: a prospective source for phytomedicine. XXVI. *International Horticultural Congress: The Future for Medicinal and Aromatic Plants*, Toronto.
- Mill, R. R. (1982). *Rosmarinus* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (p. 75). Edinburg: Edinburg University Press.
- Nilsson, Ö. (1972). *Rosa* L. P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (pp. 106-128). Edinburg: Edinburg University Press.
- Nyukuri, J. N., Wagara, I. N., Matasyoh, J. C., & Nakavuma, L. J. (2013). Inhibitory action of some essential oils on growth of various moulds isolated from dried maize grains. *Egerton Journal of Science & Technology*, 13, 1-10.
- Öz, M., Baltacı, C., & Deniz, İ. (2018). Gümüşhane yöresi kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvelerinin C vitamini ve şeker analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 284-292. doi: <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.327635>
- Özçay Gökçen, P. (2017). *Rosmarinus officinalis* L. bitkisi üzerinde fitoterapötik araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Perova, I. B., Zhogova, A. A., Poliakova, A. V., Éller, K. I., Ramenskaia, G. V., & Samylina, I. A. (2014). Biologically active substances of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.). *Voprosy pitaniia*, 83(5), 86-94.

- Pouya, S., & Demir, S. (2017). Peyzaj mimarlığında tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı. *Journal of International Social Research*, 10(54), 1114-1125. doi: <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.20175434680>
- Şahin, T. (2018). *Erbaa'da bazı tıbbi aromatik bitkilerin coğrafi dağılışı ve kırsal kalkınma ilişkisi (Tokat)* (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- Sakr, S. A., & Lamfon, H. A. (2012). Protective effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves extract on carbon tetrachloride-induced nephrotoxicity in albino rats. *Life Sciences*, 9(1), 779-785.
- Seaman, D. E., & Powell, R. A. (1996). An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology*, 77(7), 2075-2085.
- Servi, H., Vatansever, C., Doğan, A., & Majeed, V. (2020). Antibacterial activity and essential oil composition of *Calendula arvensis* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 7(4), 229-236. doi: <https://doi.org/10.21448/ijsm.676985>
- Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. In: *Monographs on statistics and applied probability*, (Book series: 26). London: Chapman & Hall/CRC.
- Temel, M., Tınmaz A, B., Öztürk, M., & Gündüz, O. (2018). Dünyada ve Türkiye'de tıbbi-aromatik bitkilerin üretimi ve ticareti. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(Özel Sayı): 198-214.
- TUBİVES. (2024). *Türkiye bitkileri veri tabanı*. Erişim tarihi: 15.11.2024. Erişim linki: <http://www.tubives.com/>
- Tural, S., & Koca, I. (2008). Physico-chemical and antioxidant properties of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116(4), 362-366. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.02.003>
- Uluocak, N. (1994). *Yerörtücü bitkiler ders kitabı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Yıldırım, Ş. (2015). *Bitki sözlüğü*. Ankara: Ofset Fotomat Matbaacılık.
- Yılmaz, O., & Akkaya, H. (2012). Radical scavenging activity of *Thymbra spicata* and *Quercus ithaburensis* in a fenton reagent environment and their protective effects on unsaturated fatty acids. *Ekoloji*, 21(85), 34-40.

Yusuf, A. (2024). *Tuz stresi altında buğday tohumlarının çimlenme ve gelişmesi üzerine biberiye ekstraktının etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

BÖLÜM XVI

YAĞMUR BAHÇESİ BİTKİSEL TASARIMINDA KULLANILABİLMESİ OLASI BAZI DOĞAL TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLER: BURSA VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Volkan MÜFTÜOĞLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514805>

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Bursa, Türkiye. volkan.muftuoglu@btu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-3946-9562

1. GİRİŞ

Son yıllarda çevre sorunlarının başında gelen küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişikliğiyle birlikte, doğal su çevrimi de olumsuz olarak etkilenmektedir. Artış gösteren sıcaklıklarla, daha da hızlı buharlaşma ve nem tutulmaya bağlı olarak, özellikle kentsel alanlarda şiddetli ve ani yağışlar yaşanmaktadır. Bu şiddetli ve ani yağışlar, sert yüzeylerin hakim olduğu kentsel alanlarda taşkın ve sele sebebiyet vermektedir. Sert yüzeylerden yer altına infiltre olamadan yüzey akışına geçen yağmur sularının, kente zarar vermeden uzaklaştırılması için yönetilmesi son derece önemlidir.

Bu bağlamda, kentsel alanlarda yağmursuyu yönetimi kapsamında, yapısal çözümler (kanallar, ızgaralar, vb.) ağırlıklı olarak uygulanmaktadır. Öte yandan, yapısal çözümlerin yanında, yağmur sularının bekletilerek infiltre olmasına yardımcı olan ve aynı zamanda kente estetik yönden de katkılar sağlayan yağmur bahçeleri gibi doğal çözümlerinde ön plana çıkarılması gerekmektedir.

Kentsel ölçekte ve konut ölçeğinde de uygulanabilen yağmur bahçeleri, fazla yağmur sularının yönlendirildiği, yüzey akış miktarına göre boyutlandırılan ve çeşitli bitki ve materyallerle (malç tabakası) tasarımların yapıldığı fonksiyonel ve estetik alanlardır (Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Yağmur bahçelerinde kullanılan bitkilerin; yerel, doğal bitki örtüsünde yetişen türler olmaları ve suya toleranslarının yüksek bitkiler olmasının istenmesinin yanında kente ve konuta hem işlevsel hem de estetik yönden katkılar vermesi de beklenmektedir.

Bu doğrultuda, yağmur bahçelerinde estetik ve aynı zamanda fonksiyonel yönden (infiltrasyona yardımcı olma, su temizleme, biyoçeşitlilik artırma vb.) kullanılacak uygun tıbbi ve aromatik bitkilerin Bursa İli özelinde listesinin verilmesi bu çalışmanın amacıdır. Amaç kapsamında, öncelikli olarak yağmur bahçesi tanımı ve özellikleri belirtilmiş, yağmur bahçelerinde kullanılacak tıbbi ve aromatik bitkilerin ekolojik istekleri ortaya konulmuş, yağmur bahçesi bitkisel tasarımında hangi zonlarda uygun olacakları tanımlanmıştır.

2. YAĞMUR BAHÇESİ

Günümüzde kentsel alanların plansız artmasının ve açık-yeşil alanların ters orantılı olarak azalmasının bir sonucu olarak geçirimsiz yüzeylerin

fazlalaşması, ciddi yağmur suyu kaynaklı sorunlar yaşamamıza neden olmaktadır.

Yağmur suyunun yüzeysel akışa geçen miktarının artması, yağmur suyu geçiş süresinin kısılması, kentsel alanların sellere ve taşkınlara açık hale gelmesi, yer altı su tabakasına ulaşan su miktarının azalması, yüzey sularının kalitesinin bozulması, yağmur suyu drenaj altyapılarına ait yatırım ve işletim maliyetlerinin artması, yağmur suyu drenajı için bütüncül stratejiler oluşturmayı bir zorunluluk haline getirmiştir. Bir tarafta alıcı ortamı kirleten ciddi miktarlarda suyun yanında, diğer tarafta temiz içme suyu ve kullanma suyu temini problemleri yaşanmaktadır (Demir, 2012). Bu bağlamda; kentsel yağmur suyu yönetimi; yağmurun yarayışlı kısmından sonra geride kalan yüzey akış miktarının, kentsel altyapı ve üstyapıya zarar vermeden tahliye edilmesini yani akaçlamasını sağlayan bir dizi önlemler bütünü olarak tanımlanabilmektedir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

Diğer yandan, son yıllarda kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında, geleneksel yağmur suyu uygulamalarına destek olacak, sürdürülebilir ekolojik kentsel yağmur suyu yönetimi modelleri de ortaya çıkmıştır (Müftüoğlu ve Perçin, 2015). Bu modellerdeki ortak amaç, yüzey akışa geçen yağmur suyu miktarının, kentsel yüzeylerden uzaklaştırılırken yavaşlatılması ve yavaşlama sonucunda infiltrasyonun artırılarak, su döngüsüne olumlu katkıların sağlanmasıdır. Kullanılan bu modellerden en çok gündemde olanı, “Düşük Etkili Gelişim” modelidir (Tekinalp, 2024).

Düşük etkili gelişim; yağmur suyunu kaynağında ele alarak, ilk yağdığı andan itibaren, yağış alan o alanda nasıl depolandığına ve nasıl tahliye olduğuna odaklanan bir yaklaşımdır. Düşük etkili gelişim modeli; geçirimli yüzeylerin artırılması, doğal bitki örtüsünün ve toprakların korunması ve kaynağında yüzey akış sularının yönetilmesi gibi düşük etkili gelişim uygulamalarını içermektedir (Müftüoğlu, 2016; EPA, 2022). Düşük etkili gelişim modeli, yağmur suyu yönetimi ve alanın doğal hidrolojik fonksiyonlarının korunması için bir alanın doğal özelliklerini ve özellikle tasarlanmış en iyi yönetim uygulamalarını kullanır. Düşük etkili gelişim modeli kapsamında en iyi yönetim uygulamaları; biyolojik su tutma alanları, çatı bahçeleri, yağmur varilleri, geçirimli döşemeler vb. gibidir. Biyolojik su tutma alanlarının mikro yani küçük ölçekte olanları yağmur bahçeleridir (EPA, 2022).

Yağmur sularının herhangi bir farklı işlem uygulanmadan doğrudan yönlendirildiği ve üzerinde yerli, yabancı ve diğer özel peyzaj bitkilerinin de yetiştirilebildiği alanlara “yağmur bahçesi” denir. Çatı oluklarından, araç yolları, yürüyüş yolları ve araç parkları gibi bölgelerden yağmurla birlikte gelen sular direk olarak bu alanlara yönlendirilerek, tüm alanın yağmur suyu ile kaplanması sağlanır. Bu alanda yağmurla birlikte, su yüksekliği artar ve bir göllenme olur. Bu göllenme yağışın şiddetine, bitki örtüsüne, yağmur suyunun zemine infiltre oranına ve yağmur bahçesinin fiziksel yapısına bağlı olarak değişir. Genellikle yağmur hızı, suyun süzülme hızından fazla olduğundan, ilk etapta 5-10 cm’lik bir göllenme olur. Daha sonra su yavaşça yağmur bahçesinin tabanından süzülür. Göllenme tüm yağmur boyunca kalabilir. Yağmurun kesilmesiyle birlikte suda süzülerek kaybolmaktadır (Doğangönül ve Doğangönül, 2008; Demir, 2012).

Yağmur bahçeleri;

- Yüzey akışlarla birlikte akarak atık su kanalına gidecek olan yağmur suyunu toplayarak üzerindeki bitkilerin sulanmasını sağlarlar.
- Gelen suyun fazlasını yeraltına vererek, doğal yoldan yer altı suyunu beslerler.
- Bahçede yüzey akış sebebiyle ortaya çıkabilecek göllenme ve tahliye problemlerini doğal olarak çözerler.
- Suyun yüzeyden akarak, kirletici yabancı maddeler ile temas etmesini önlerler.
- Güzel bir görünüm sağlarlar ve
- Biyolojik aktiviteyi artırarak, birçok hayvana doğal yaşam ortamı sağlarlar (Anonymous, 1999; Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Yağmur bahçelerinin başlıca avantajları olarak; düşük inşaa ve bakım maliyetleri, kentsel ve kırsal alanlara kolay adapte olmaları ve yapıldığı alanların estetik değerini artırmaları sayılabilir (Tekinalp, 2024).

Yağmur bahçelerinin dezavantajı olarak ise; toprak geçirim durumuna göre göllenme derinliği ve bununla birlikte oluşabilecek sivrisineek sorunudur. Ancak yağmur bahçelerinin doğru bitkilendirilmesiyle birlikte, sivrisineek sorunu da ortadan kaldırılacaktır (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

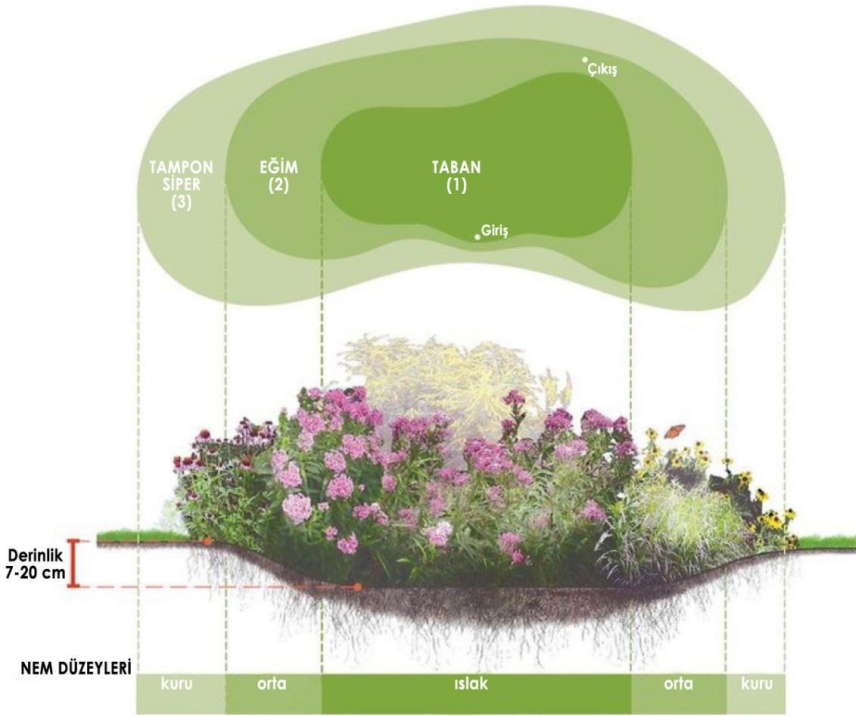
3. YAĞMUR BAHÇESİ BİTKİSEL TASARIMI

Yağmur bahçesi içerisinde kullanılacak bitkiler uygulama alanının doğal bitki örtüsünde yetişen bitki türlerinden tercih edilmelidir. Yağmur bahçelerinde kullanılmaları için doğal bitki örtüsünde yetişen türlerin seçilmesinin en önemli sebepleri; toprak yapısına, iklimsel koşullara ve suya daha toleranslı olmaları ile çok daha az bakıma ihtiyaç duymalarıdır. Yağmur bahçesi yapısı gereği, birbirlerinden farklı toprak nem düzeylerine sahip 3 zondan oluşmaktadır (Şekil 1.) (Solmaz 2021; Yıldırım, 2024). Bu bölgeler;

- Birinci zon; nemlilik açısından oldukça ıslak olan yağmur bahçesinin taban (göllenme) bölgesidir. Bu bölgede bitki tür seçimi yapılırken, ani su baskınlarına dayanabilecek, kökleri kuvvetli diğer taraftan yüzey suyu toprağa süzülükten sonra kuru koşullara da dayanım gösterebilen kısacası ekstrem koşullara yani hem aşırı suya hem de aşırı kuraklığa dayanıklı ve adaptasyon aralığı oldukça geniş olan bitki türlerinin seçilmesine özen gösterilmelidir (Solmaz 2021; Yıldırım, 2024).

- İkinci zon; nemlilik açısından orta derecede olan karşılıklı eğimli yamaç bölgeleridir. Bu bölgenin geçiş bölgesi olması nedeniyle, yarı kurak koşullara dayanıklılık gösteren bitkiler tercih edilmelidir (Solmaz 2021; Yıldırım, 2024).

- Üçüncü zon ise, nemlilik açısından kuru tampon bölgesidir. Bu bölge için bitki seçimi yapılırken, susuzluğa yani kuraklığa dayanıklı bitki türleri olmasına özen gösterilmelidir (Solmaz 2021; Yıldırım, 2024).



Şekil 1. Yağmur bahçesinin nem düzeyleri ve bitki dikim bölgeleri (1-2 ve 3) (Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program and Native Plant Society of New Jersey, 2011; Müftüoğlu ve Perçin, 2015)

Yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımı, çeşitli fiziksel ve estetik koşullara göre farklılık göstermektedir. Öncelikli olarak yağmur bahçeleri; ışık alma açısından; güneşli, yarı gölge ve gölge alanlarda yer alan yağmur bahçeleri olarak sınıflandırılmaktadır. Diğer yandan, fiziksel koşullarla ilgili olarak yağmur bahçelerinin; girişte bulunan yağmur bahçeleri, kenar bölgelerde yer alan yağmur bahçeleri, bahçeyi bölme işlevi olan yağmur bahçeleri, çit oluşturabilen yağmur bahçeleri ve perdeleyici yağmur bahçeleri olacak şekilde bitkisel tasarımları yapılırken; estetik açıdan ise hoş kokulu yağmur bahçeleri, kelebek ve kuş çeken yağmur bahçeleri olarak sınıflandırılmakta ve bitkisel tasarımları yapılmaktadır (Müftüoğlu, 2016; Anonymous 1999).

Hoş kokulu, kuş ve kelebek çeken yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımında doğal bitki örtüsünde yetişebilen tıbbi ve aromatik bitkiler kullanılabilir.

Ekolojik yağmur suyu yönetimi araçları, kentsel biyolojik çeşitliliği artırma potansiyeli göstermektedir. Araştırmalar, bu sistemlerin geleneksel yeşil alanlarla karşılaştırıldığında daha fazla tür, tür zenginliğini ve çeşitliliğini desteklediğini ortaya çıkarmıştır. Orta katmandaki bitki örtüsü, çiçekli bitki sayısı, pH ve eğim özellikleri gibi faktörler omurgasız topluluklarının yaşam alanlarını da etkilemektedir (Kazemi vd., 2011).

Tasarımcılar, kirletici maddeleri etkili bir şekilde giderebilen, sızmayı artırabilen ve biyolojik çeşitliliği teşvik edebilen çok tür içeren bitkisel tasarımları hedeflemelidir. Bununla birlikte, biyolojik koruma sistemlerinin kentsel ekolojiyi destekleme potansiyeli tasarım sürecine dahil edilmeli ve bu sistemler kentsel peyzajlarda çok işlevli yeşil altyapı unsurları haline getirilmelidir (Kazemi vd., 2011; Vijayaraghavan vd., 2021).

4. BURSA DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ

Bursa, farklı iklimsel özelliklere ve yükselti özelliklerine bağlı olarak doğal bitki örtüsü de farklılıklar göstermektedir. Bursa kentinde hâkim olan Akdeniz iklimine paralel olarak Akdeniz Bitki Örtüsü yayılış göstermektedir. Bununla beraber, Bursa'nın hemen güneyinde yer alan Uludağ'ın, farklı iklimsel ve yapısal özelliklerine paralel olarak içerdiği özel habitatlarla birlikte, deniz seviyesinden yukarılara doğru Akdeniz Bitki Örtüsünden Euro-Sibirian Bitki Örtüsüne doğru geçiş gösterdiği görülmektedir (Şanlı, 2006).

Türkiye florasında kullanılan Davis Grid (kareleme) Sistemi'ne göre; Bursa İli'nin kuzey kesimleri A2 karesine, güney kesimleri ise B2 karesine girmektedir (Keçeli ve Şekerciler, 2016).

Bursa ilinde doğal bitki örtüsü olarak dağların kuzeye bakan yamaçlarında *Fagus* sp. (Kayın), *Carpinus* sp. (Gürgen), *Quercus* sp. (Meşe), *Tilia* sp. (Ihlamur), *Fraxinus* sp. (Dişbudak), *Castanea* sp. (Kestane), *Acer* sp. (Akçaağaç) ve *Platanus* sp. (Çınar) gibi yaprak döken ağaç ormanları bulunmaktadır. Dağların daha yüksek kesimlerinde *Pinus nigra* (Karaçam) ve *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* (Uludağ göknarı) gibi iğne yapraklı türler bulunur. Deniz kenarından başlayıp 600–800 metrelere kadar olan alçak kesimlerde ise *Pinus brutia* (Kızılçam) ve *Pinus pinea* (Fıstıkçamı) ormanları yayılış göstermektedir. Dağların güney yamaçları daha kurak olup *Pinus brutia* ve *Quercus* sp. türlerinden oluşan orman toplulukları bulunmaktadır. Bursa ilinin alçak, denize yakın bölgelerinde *Pinus brutia*

ormanlarının ortadan kalktığı yerlerde ve dağların güneye bakan yamaçlarında Akdeniz İklimi'nin tipik bitki örtüsü olan maki elemanları bulunmaktadır. *Erica arborea* (Funda), *Arbutus andrachne* (Sandal ağacı), *Laurus nobilis* (Akdeniz defnesi), *A. unedo* (Kocayemiş), *Olea europaea* (Zeytin), *Q. coccifera* (Kermes meşesi), *Phillyrea latifolia* (Akçakesme), *Juniperus oxycedrus* (Katran ardıcı), *Cistus salviifolius* (Laden), *Spartium junceum* (Katırtırnağı) buradaki bitki örtüsünü temsil eden başlıca maki türleridir. *Pinus brutia* ormanının ve makinin seyrek olduğu veya tamamen ortadan kalktığı yerlerde *Sarcopoterium spinosum* (Abdestbozan), *Asphodelus aestivus* (Çirişotu), *C. creticus* ve *C. laurifolius* (Laden)'dan oluşan garig elemanları (çok kısa boylu dikenli çalılardan meydana gelen bitki popülasyonları) görülür. Nem oranının fazla olduğu dere kenarlarında ve vadilerde *P. orientalis* (Doğu çınarı), *Salix* sp. (Söğüt), *Populus* sp. ve *Alnus* sp. (Kızılağaç) türleri bulunmaktadır (Keçeli ve Şekerciler, 2016; Erken, 2021).

Diğer yandan; Bursa ili ve yakın çevresi doğal olarak yetişen tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından oldukça zengindir. Şanlı (2006)'nın yaptığı çalışmada; yöreye ait tıbbi ve aromatik bitkilerden 210 bitki örneğinin teşhisi ile 37 familyaya ait 67 cins, 83 tür, 2 alttür ve 1 varyete seviyesinde 86 takson saptanmıştır. Saptanan bu taksonların genellikle tıbbi ve ticari amaçlı olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Şanlı, 2006).

5. BAZI DOĞAL TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN YAĞMUR BAHÇESİ BİTKİSEL TASARIMINDA OLASI KULLANIM DURUMLARI

Yağmur bahçeleri, özellikle Bursa gibi kentsel ortamlarda yağmur suyu akışının yönetilmesi için etkili bir yeşil altyapı çözümü olarak hizmet verecektir. Bu bahçeler yağmur suyunu yakalayıp filtrelemek, toprağa sızmasını sağlamak, böylece yüzey akışını azaltmak ve su kalitesini iyileştirmek için tasarlanmaktadır. Filtrasyon süreçlerinde ve genel ekolojik faydalarda önemli bir rol oynadıkları için uygun bitki türlerinin seçimi yağmur bahçelerinin başarısı için çok önemlidir.

Bursa'da iklimin ılıman olması yağmur bahçelerine uygun bitki seçimini etkilemektedir. Araştırmalar, yerli ve uyarlanmış bitki türlerinin seçilmesinin yağmur bahçelerinin dayanıklılığını ve işlevselliğini arttırdığını

göstermektedir. Örneğin, özellikle ılıman iklimlerdeki yağmur bahçeleri için ideal adaylar haline gelen *Carex* spp. gibi sazlar gibi çeşitli çok yıllık otsu bitkilerin, döngüsellik ve kuraklık koşullarını tolere etmede özellikle etkili olduğunu göstermiştir (Nelson ve Daigh, 2018; Jia ve Dunnett, 2018). Bu türler sadece bahçelerin estetik çekiciliğine katkıda bulunmakla kalmamakta aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin artması ve yerel yaban hayatı için yaşam alanları sağlamaktadır (Morash vd., 2019).

Yağmur bahçelerinin ekolojik işlevlerinden birisi de, bitkilerin yağmur suyundaki kirleticileri filtreleme yeteneğidir. Bu bitkilerin kök sistemleri besinlerin ve kirletici maddelerin emilimini kolaylaştırarak, su kalitesini artırır. Araştırmalar, farklı bitki türlerinin akışın azaltılmasını ve askıdaki katı maddelerin uzaklaştırılmasını önemli ölçüde etkileyebileceğini göstererek, yağmur bahçesi tasarımında bitki seçiminin önemini vurgulamaktadır (Li vd., 2023; Sharma ve Malaviya, 2021). Dahası, çeşitli bitki türlerinin kombinasyonu, tamamlayıcı etkileşimler yoluyla yağmur bahçelerinin genel performansını artırabilir. Bu artış, besin alımını ve kirletici giderme verimliliğini de artırabilir (Bruner vd., 2023).

Yağmur bahçeleri çevresel faydalarının yanı sıra kent estetiğine ve toplum refahına da katkıda bulunmaktadır. Yeşilin kentsel peyzajlara entegrasyonu yalnızca görsel çekiciliği arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bölge sakinleri için psikolojik faydaları da destekler (Ge vd., 2023; Bak and Barjenbruch, 2022). Ayrıca yağmur bahçelerinin toplum merkezleri ve okulların yakınına stratejik olarak yerleştirilmesi çevre bilincini geliştirebilir ve toplumun sürdürülebilir uygulamalara katılımını da teşvik edebilir (Bai vd., 2019).

Bursa'da yağmur bahçelerini başarılı bir şekilde uygulamak için toprak bileşimi, drenaj sistemleri ve alanın kendine özgü hidrolojik koşulları gibi faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Çalışmalar, yağmur bahçelerinin performansının, alt toprak ortamından ve onun geçirgenliğinden önemli ölçüde etkilenebileceğini, bunun da su tutma ve drenaj yeteneklerini etkilediğini göstermiştir (Zhou and Guo, 2022; Kumar and Singh, 2021). Bu nedenle, dikkatli planlama ve bitki seçimini içeren kapsamlı bir yaklaşım, yağmur bahçelerinin yağmur suyunu etkili bir şekilde yönetmesini sağlarken, kentsel biyolojik çeşitliliği ve kentsel dayanıklılığı da artıracaktır.

Bu çerçevede Bursa'da yağmur bahçelerine yer verilmesi; yerli ve adapte olmuş bitki türlerinin stratejik kullanımı yoluyla yağmur suyu yönetiminin iyileştirilmesi için bir fırsat sunacaktır. Yağmur bahçeleri, ekolojik işlevsellik, estetik değer ve toplum katılımına odaklanarak sürdürülebilir kentsel altyapının hayati bir bileşeni olarak hizmet edebilir.

Öte yandan, Bursa ve yakın çevresinde doğal olarak yetişen tıbbi ve aromatik bitkiler yağmur bahçelerine dahil edilerek hem işlevsel hem de estetik faydalar sağlanabilir. Yağmur bahçelerine tıbbi ve aromatik bitkilerin dahil edilmesi; yağmur suyu akışını yakalamak ve filtrelemek için tasarlanan bu araçların etkinliğini ve çekiciliğini artıracaktır (Morash vd., 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkiler; çeşitli yaprak formları, renkleri, dokuları ve çekici meyve formları gibi estetik nitelikleriyle bitkilendirme tasarımına katkıda bulunur. Tek tek veya grup halinde dikilebilmeleri, yağmur bahçeleri de dahil olmak üzere çeşitli peyzaj düzenlemelerine uygun olmalarını sağlamaktadır (Arslan ve Yanmaz, 2010). Ek olarak tıbbi ve aromatik bitkiler, yağmur suyundan kirletici maddelerin uzaklaştırılmasına yardımcı olabilecek fenoller, alkaloidler ve flavonoidler gibi fito-bileşenler açısından da zengindir (Subramanian, 2022).

Yağmur bahçelerinde monokültür dikimleri yaygın olsa da araştırmalar, tıbbi ve aromatik bitkilerin çoklu kültür dikimlerinin biyolojik çeşitliliği, ekosistem dayanıklılığını ve genel yağmur bahçesi işlevselliğini geliştirebileceğini öne sürmektedir. Polikültür ekimleri daha düşük sızıntı suyu ve fosfor seviyelerini sağlarken, aşırı fosforun su kaynaklarına girmesinin daha etkili bir şekilde önlenmesine yönelik potansiyel de ortaya çıkmaktadır (Morash vd., 2019). Ancak diğer yandan yağmur bahçelerinde su seviyeleri dalgalandığından, bitkilerin hem su baskını hem de kuraklık koşullarına karşı toleransını dikkate almak önemlidir (Farahani vd., 2009; Morash vd., 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin yağmur bahçelerine dahil edilmesiyle birlikte; yağmur suyu yönetimi, estetiğin geliştirilmesi ve hatta potansiyel olarak faydalı bitki materyalinin sağlanması gibi birçok fayda sağlanabilir. Sürdürülebilir ve çok işlevli kentsel yeşil alanları oluşturmak amacıyla, tıbbi ve aromatik bitkilerin yoğun olarak kullanıldığı bitkisel tasarımın yağmur bahçelerinde daha çok tercih edilmesi gerekmektedir (Arslan ve Yanmaz, 2010; Morash vd., 2019).

Aşağıdaki tabloda (Tablo 1), Bursa ve yakın çevresinde yetişen bazı doğal tıbbi ve aromatik bitkilerin ekolojik özellikleri, özellikle habitat (yaşam ortamları) özellikleri ve kurağa tolerans durumları dikkate alınarak, yağmur bahçesi bitkisel tasarımı kapsamında hangi zonlarda kullanılabilecekleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Yağmur bahçesi bitkisel tasarımında kullanılması olası Bursa ve çevresinde doğal yetişen bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin listesi (Şanlı, 2006; Tübives, 2024)

Takson	Familya	Yerel Adı	Endemik mi?	Ömür	Yağmur Bahçesi Toprak Nem Düzeyleri Zonları*
<i>Taraxacum aznavourii</i> VAN SOEST	Asteraceae	Kara Hindiba	Evet	*ÇY	2-3
<i>Lathyrus undulatus</i> BOISS.	Fabaceae	Bağla Otu	Evet	ÇY	2-3
<i>Thymus bormmuelleri</i> VELEN.	Lamiaceae	Kekik, Dağ Kekığı, Yabani Kekik	Evet	ÇY	3
<i>Angelica sylvestris</i> L. var. <i>syvestris</i> L.	Apiaceae	Melek Otu	Hayır	ÇY	1-2
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	Kişniş	Hayır	TY	3
<i>Foeniculum vulgare</i> MILLER	Apiaceae	Rezene	Hayır	ÇY	2-3
<i>Oenanthe pimpinelloides</i> L.	Apiaceae	Elem otu- Kazayağı	Hayır	ÇY	1-2
<i>Sonchus asper</i> (L.) HILL subsp. <i>glaucescens</i> (JORDAN) BALL	Asteraceae	Eşek Gevreği	Hayır	TİY	2-3
<i>Achillea nobilis</i> L. subsp. <i>neilreichii</i> (KERNER) FORMANEK	Asteraceae	Civan Perçemi	Hayır	ÇY	3
<i>Matricaria chamomilla</i> L. var. <i>chamomilla</i> L.	Asteraceae	Mayıs Papatyası	Hayır	TY	3
<i>Cichorium intybus</i> L.	Asteraceae	Hindiba- Hindiba	Hayır	ÇY	3
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP. subsp. <i>arvense</i> (L.) SCOP.	Asteraceae	Köy göçüren	Hayır	ÇY	2-3
<i>Crepis foetida</i> L. subsp. <i>foetida</i> L.	Asteraceae	Hindiba	Hayır	TY	3
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	Asteraceae	Ölmez Çiçek	Hayır	ÇY	3
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Asteraceae	Şevketi Bostan	Hayır	İÇY	3
<i>Silybum marianum</i> (L.) GAERTNER	Asteraceae	Gengel - Deve diken	Hayır	İY	3
<i>Tussilago farfara</i> L.	Asteraceae	Öksürtük Otu	Hayır	ÇY	2-3
<i>Nasturtium officinale</i> R. BR.	Brassicaceae	Su Teresi	Hayır	ÇY	1-2
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Brassicaceae	Turp Otu	Hayır	TY	3

Takson	Familya	Yerel Adı	Endemik mi?	Ömür	Yağmur Bahçesi Toprak Nem Düzeyleri Zonları*
<i>Trachystemon orientalis</i> (L.) G. Don	Boraginaceae	Balık Otu	Hayır	ÇY	1-2
<i>Humulus lupulus</i> L.	Cannabaceae	Şerbetçi Otu	Hayır	ÇY	2-3
<i>Sambucus nigra</i> L.	Carpifoliaceae	Mürver Ağacı	Hayır	ÇY	2-3
<i>Stellaria media</i> (L.) VILL. subsp. <i>media</i> (L.) VILL.	Caryophyllaceae	Kuş Otu	Hayır	TY	3
<i>Chenopodium album</i> L. subsp. <i>album</i> L. var. <i>album</i> L.	Chenopodiaceae	Sirken	Hayır	TY	3
<i>Cornus mas</i> L.	Cornaceae	Kızılıçık	Hayır	ÇY	3
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>oxycedrus</i> L.	Cupressaceae	Ardıç	Hayır	ÇY	3
<i>Tamus communis</i> L. subsp. <i>communis</i> L.	Dioscoreaceae	Acı Filiz	Hayır	ÇY	1-2
<i>Equisetum arvense</i> L.	Equisetaceae	Ekli Ot-At Kuyruğu	Hayır	ÇY	1-2
<i>Arbutus unedo</i> L.	Ericaceae	Koca Yemiş	Hayır	ÇY	3
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Ericaceae	Çoban Üzümlü	Hayır	ÇY	3
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L. var. <i>glabra</i> L.	Fabaceae	Meyan Kökü	Hayır	ÇY	2-3
<i>Centaurium erythraea</i> RAFN subsp. <i>erythraea</i> RAFN	Gentianaceae	Kırmızı Kantaron	Hayır	İY	2-3
<i>Geranium lucidum</i> L.	Geraniaceae	Kuş Ekmegi	Hayır	TY	2-3
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Guttiferae	Sarı Kantaron / Binbirdelik Otu	Hayır	ÇY	3
<i>Coridothymus capitatus</i> (L.) REICHB. FIL.	Lamiaceae	Taş Kekigi	Hayır	ÇY	2
<i>Lavandula stoechas</i> L. subsp. <i>stoechas</i> L.	Lamiaceae	Karabaş	Hayır	ÇY	3
<i>Melissa officinalis</i> L. subsp. <i>officinalis</i> L.	Lamiaceae	Oğul Otu	Hayır	ÇY	2-3
<i>Mentha x piperita</i> L.	Lamiaceae	Nane	Hayır	ÇY	2-3
<i>Mentha pulegium</i> L.	Lamiaceae	Yarpuz	Hayır	ÇY	2
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Fesleğen	Hayır	TY	3
<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>hirtum</i> (LINK) IETSWAART	Lamiaceae	Güvey Otu, Çibrisa	Hayır	ÇY	3
<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>gracile</i> (C. KOCH) IETSWAART	Lamiaceae	Güvey Otu, Çibrisa	Hayır	ÇY	3
<i>Origanum onites</i> L.	Lamiaceae	Güvey Otu, Çibrisa	Hayır	ÇY	3
<i>Salvia sclarea</i> L.	Lamiaceae	Adaçayı	Hayır	İÇY	2-3
<i>Sideritis dichotoma</i> HUTER	Lamiaceae	Dağ Çayı	Hayır	ÇY	3
<i>Micromeria juliana</i> (L.) BENTHAM EX REICHB.	Lamiaceae	Taş Nanesi	Hayır	ÇY	3

Takson	Familya	Yerel Adı	Endemik mi?	Ömür	Yağmur Bahçesi Toprak Nem Düzeyleri Zonları*
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	Biberiye	Hayır	ÇY	3
<i>Teucrium chamaedrys</i> L. subsp. <i>chamaedrys</i> L.	Lamiaceae	Kısa Mahmut Otu	Hayır	ÇY	3
<i>Thymus praecox</i> OPIZ subsp. <i>jankae</i> (CELAK) JALAS var. <i>jankae</i> OPIZ	Lamiaceae	Kekik, Dağ Kekigi, Yabani Kekik	Hayır	ÇY	3
<i>Thymus thracicus</i> VELEN. var. <i>longidens</i> (VELEN.) JALAS	Lamiaceae	Kekik, Dağ Kekigi, Yabani Kekik	Hayır	ÇY	3
<i>Thymus longicaulis</i> C. PRESL subsp. <i>longicaulis</i> C. PRESL var. <i>longicaulis</i> C. PERSL	Lamiaceae	Kekik, Dağ Kekigi, Yabani Kekik	Hayır	ÇY	3
<i>Thymbra spicata</i> L. var. <i>spicata</i> L.	Lamiaceae	Kara Kekik	Hayır	ÇY	3
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Defne	Hayır	ÇY	2-3
<i>Asparagus officinalis</i> L.	Liliaceae	Kuş Konmaz	Hayır	ÇY	2-3
<i>Polygonatum orientale</i> DESF.	Liliaceae	Mührüstüley man	Hayır	ÇY	2-3
<i>Althaea cannabina</i> L.	Malvaceae	Hatmi	Hayır	ÇY	1-2
<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	Ebegümece	Hayır	İÇY	3
<i>Malva neglecta</i> WALLR.	Malvaceae	Ebegümece	Hayır	TY	3
<i>Myrtus communis</i> L. subsp. <i>communis</i> L.	Myrtaceae	Mersin	Hayır	ÇY	3
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae	Gelincik	Hayır	TY	3
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	Sinirli Ot	Hayır	ÇY	1-2
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae	Kızıl Bacak	Hayır	ÇY	1-2
<i>Rumex acetosella</i> L.	Polygonaceae	Labada	Hayır	ÇY	2-3
<i>Rumex scutatus</i> L.	Polygonaceae	Yumru Kök Kuzukulağı	Hayır	ÇY	3
<i>Rumex tuberosus</i> L. subsp. <i>tuberosus</i> L.	Polygonaceae	Kuzukulağı	Hayır	ÇY	3
<i>Rumex alpinus</i> L.	Polygonaceae	Dağ Labadası	Hayır	ÇY	2
<i>Polygonum cognatum</i> MEISSN.	Polygonaceae	Madımak	Hayır	ÇY	3
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Semiz Otu	Hayır	TY	3
<i>Anagallis arvensis</i> L. var. <i>arvensis</i> L.	Primulaceae	Kuş Ekmeği	Hayır	TY	2-3
<i>Zizyphus jujuba</i> MILLER	Rhamnaceae	Hünnap	Hayır	ÇY	3
<i>Crataegus monogyna</i> JACQ. subsp. <i>monogyna</i> JACQ.	Rosaceae	Alıç	Hayır	ÇY	3
<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	Kuşburnu	Hayır	ÇY	3
<i>Rubus caesius</i> L.	Rosaceae	Böğürtlen	Hayır	ÇY	2
<i>Rubus sanctus</i> SCHREBER	Rosaceae	Böğürtlen	Hayır	ÇY	2-3

Takson	Familya	Yerel Adı	Endemik mi?	Ömür	Yağmur Bahçesi Toprak Nem Düzeyleri Zonları*
<i>Rubus idaeus</i> L.	Rosaceae	Ahududu	Hayır	ÇY	3
<i>Rubus discolor</i> WEIHE ET NEES.	Rosaceae	Ahududu	Hayır	ÇY	2-3
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) CRANTZ var. <i>torminalis</i> (L.) CRANTZ	Rosaceae	Üvez	Hayır	ÇY	3
<i>Galium verum</i> L. subsp. <i>verum</i> L.	Rubiaceae	Yoğurt Otu	Hayır	ÇY	2-3
<i>Solanum dulcamara</i> L.	Solanaceae	Yaban Yasemini	Hayır	ÇY	1-2
<i>Urtica pilulifera</i> L.	Urticaceae	Kara Isırgan	Hayır	TY	2
<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	Kara Isırgan	Hayır	ÇY	2-3

* Toprak Nem Düzeyleri: 1: Islak, 2: Orta, 3: Kuru; Ömür: TY: Tek Yıllık, İY: İki Yıllık, ÇY: Çok Yıllık, TİY: Tek veya İki Yıllık, İÇY: İki veya Çok Yıllık

6. SONUÇLAR

Tıbbi ve aromatik bitkilerin peyzaj tasarımındaki çeşitliliği artırabileceği, mekânsal hissi güçlendirebileceği, eğitim amaçlı kullanılabilirliği, toplumsal bilinci ve sağlığı arttırabileceği, uygun iklim koşullarını sağlayabileceği ve uygulama masraflarını azaltabileceği yönünde literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle bitkisel tasarımda çeşitliliği kolaylıkla arttırabilen tıbbi ve aromatik bitkilerin seçiminde; çevre koşullarına uyumlu olması, görsel açıdan özellikli olması, fitokimyasal zararlı özellikleri barındırmaması, sakinleştirici ve cezbedici olması ile renk kullanımıyla birlikte psikolojinin etkilenmesi de göz önünde bulundurulması gereken unsurlardır (Pouya ve Demir, 2017).

Ekolojik yağmur suyu yönetimi kapsamında özellikle kentsel alanlarda kolaylıkla uygulanabilecek yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımında; yerel ve iklim koşullarına uyumlu doğal bitkilerin kullanımı öncelikli olmalıdır. Bu çerçevede; alana özgü doğal olarak yetişen ve ekstrem koşullara dayanıklı tıbbi ve aromatik bitkilerin tercih edilmesi, yağmur suyu yönetiminin yanı sıra kentsel biyoçeşitliliğin de artmasını sağlayan bir durum olacaktır.

Yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımları kapsamında uygun bitki seçimlerinin yapılmasında; özellikle yurtdışı çalışmalarında deneme parselleri yoluyla istatistiki çalışmalar yoğun bir şekilde yapılarak, uygunluk listeleri ortaya konulmaktadır. Farklı iklimsel koşullar ve fiziksel durumlara göre öneri olarak verilen bitki listeleri, tasarımcıların işini oldukça

kolaylaştırmaktadır. Hatta bu durum; konut sahiplerinin kolaylıkla kendi kendilerine yağmur bahçesi inşa etme durumlarına bile olanak sağlamaktadır.

Öte yandan ülkemizde, yağmur suyu yönetimi kapsamında kullanılan uygulamaların özellikle de yağmur bahçesi için bitki seçiminde; istatistiki ölçümler ve verilere dayalı bilgiler hatta ekolojik istekleri karşılama durumuna bakmak yerine, deneme yanılma yolunun daha sık tercih edildiği görülmektedir. Deneme yanılma yolunun yanı sıra, yurtdışından hazır alınan bitki listelerinin kullanılması durumuyla da sıklıkla karşılaşmaktadır. Sıklıkla tercih edilen bu durumlarla birlikte, özellikle maliyetlerin artması ve istenilen etkilerin yerine getirilememesi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Uygun bitkilerin istatistiki yöntemler doğrultusunda tespiti, farklı iklimsel koşullar hatta iklim değişikliği kapsamında bile kullanılmaya uygun bitkilerin belirlenmesi, yağmur suyu yönetimi uygulamalarının başarısını doğrudan etkileyen en önemli konudur.

Bu çalışmada; Bursa ve çevresinde doğal olarak yetişen tıbbi ve aromatik bitkilerin yağmur bahçesi bitkisel tasarımında olası kullanılabilme durumları, bitkilerin ekolojik istekleri dikkate alınarak ortaya konulmuştur. Yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımında özellikle 3 farklı zon (ıslak, orta ve kuru) göz önünde bulundurulmalıdır. Bursa ve çevresinde yetişen bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin doğal yaşam ortamları dikkate alınarak, yağmur bahçesi zonlarına uygunluklarına göre tablolaştırma yapılmıştır. Özellikle bu bitkilerin endemik olma durumlarına da oldukça dikkat edilmiştir.

Öte yandan yapılan bu tablolaştırmanın; Bursa ve çevresinde yer alacak yağmur bahçesi bitkisel tasarımı kapsamında başlangıç için bir altlık sağlamanın yanında, oluşturulacak deneme parselleri ve ileri istatistiki sonuçlarla birlikte desteklenmesi, nihai tablonun oluşturulması açısından oldukça elzemdir.

Hem estetik hem de işlevsel yönden önemli olan ekolojik yağmur suyu yönetimi araçlarından yağmur bahçelerinin bitkisel tasarımlarının yapılmasında; bitki seçiminin önemi oldukça fazladır. İklimsel farklılaşmalar, toprak geçirimsizlik durumu, doğal bitki örtüsünde yer alan türlerin kullanılması vb gibi kriterler göz önüne alınarak, ülkemizin farklı alanlarında uygulanacak yağmur bahçeleri için doğru ve uygun bitki listelerinin oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Ali, W., Yusof, K. W., & Takaijudin, H. (2021). The Role of Bioretention Plant on Nutrient Removal of Stormwater Runoff. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 721(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/721/1/012015>
- Anonymous (1999). Erişim Adresi: http://www.lowimpactdevelopment.org/raingarden_design/planting_design.htm, Erişim Tarihi: 21 Eylül 2024.
- Arslan, M., & Yanmaz, R. (2010). Use of Ornamental Vegetables, Medicinal And Aromatic Plants In Urban Landscape Design. *Acta Horticulturae*, 881, 207–211. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2010.881.26>
- Bai, Y., Li, Y., Zhang, R., Zhao, N., & Zeng, X. (2019). Comprehensive performance evaluation system based on environmental and economic benefits for optimal allocation of lid facilities. *Water*, 11(2), 341. <https://doi.org/10.3390/w11020341>
- Bak, J. and Barjenbruch, M. (2022). Benefits, inconveniences, and facilities of the application of rain gardens in urban spaces from the perspective of climate change a review. *Water*, 14(7), 1153. <https://doi.org/10.3390/w14071153>
- Bruner, S., Palmer, M., Griffin, K., & Naeem, S. (2023). Planting design influences green infrastructure performance: plant species identity and complementarity in rain gardens. *Ecological Applications*, 33(7). <https://doi.org/10.1002/eap.2902>
- Demir, D. (2012). Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmur-suyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.
- Doğangönül, Ö. ve Doğangönül, C. (2008). Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. Teknik Yayınevi, 2. Baskı, 498 s., Ankara.
- EPA (Environmental Protection Agency), (2022). Erişim adresi: Stormwater Management. <https://www.epa.gov/greeningepa/epa-facility-stormwater-management> (Erişim Tarihi: 2 Eylül 2024)

- Erken, K. (2021). Investigation of vegetative properties and generative production of the potential ornamental and narrow endemic species *Verbascum yurtkurianum* (Scrophulariaceae) for ex situ conservation, *BioResources* 16(4), 7530-7549.
- Ge, M., Yang, H., Zhu, Y., Kim, M., & Cui, X. (2023). Examining the microclimate pattern and related spatial perception of the urban stormwater management landscape: the case of rain gardens. *Atmosphere*, 14(7), 1138. <https://doi.org/10.3390/atmos14071138>
- Farahani, H., Valadabadi, S., Shiranirad, A., Daneshian, J., & Khalvati, M. (2009). Medicinal and aromatic plants farming under drought conditions. *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(6), 086–092. <https://doi.org/10.5897/jhf.9000075>
- Jia, Y. and Dunnett, N. (2018). Plant selection for rain gardens: response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.005>
- Kazemi, F., Beecham, S., & Gibbs, J. (2011). Streetscape biodiversity and the role of bioretention swales in an Australian urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 101(2), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.006>
- Keçeli, T. ve Şekerciler, F. (2016). Gök Sığırkuyruğu (*Verbascum yurtkurianum*) Tür Eylem Planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, II. Bölge Müdürlüğü – Bursa Şube Müdürlüğü, Bursa.
- Kumar, S. and Singh, K. (2021). Rain garden infiltration rate modeling using gradient boosting machine and deep learning techniques. *Water Science & Technology*, 84(9), 2366-2379. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.444>
- Li, G., Xiong, J., Zhu, J., Liu, Y., & Dzakpasu, M. (2021). Design influence and evaluation model of bioretention in rainwater treatment: A review. *Science of The Total Environment*, 787, 147592. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147592>
- Li, C., Li, H., Miao, Z., Yang, R., Chu, L., & Mao, L. (2023). Effects of different types of plants on runoff reduction and suspended solids removal in rain gardens. *Journal of Environmental Engineering and*

- Landscape Management*, 31(2), 113-120.
<https://doi.org/10.3846/jeelm.2023.19016>
- Morash, J., Wright, A., Kessler, R., Howe, J., Meder, A., Brantley, E., & Lebleu, C. (2019). Increasing Sustainability of Residential Areas Using Rain Gardens to Improve Pollutant Capture, Biodiversity and Ecosystem Resilience. *Sustainability*, 11(12), 3269.
<https://doi.org/10.3390/su11123269>
- Müftüoğlu, V. (2016). Kentsel Tasarım Rehberlerinin Peyzaj Mimarlığı Açısından Ekolojik Çerçeve İrdelenmesi Üzerine Bir Yöntem Araştırması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Müftüoğlu, V. ve Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11); 27-37.
- Nelson, R. and Daigh, A. (2018). Rain garden sedges tolerate cyclical flooding and drought. *Hortscience*, 53(11), 1669-1676.
<https://doi.org/10.21273/hortsci13234-18>
- Pouya, S. ve Demir, S. (2017). Peyzaj Mimarlığında tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (54), 1307-9581.
- Rutgers Cooperative Extension Water Resources Program and Native Plant Society of New Jersey, (2011). Rain Garden Manual of New Jersey. Rutgers New Jersey Agricultural Experiment Station, Water Resources Program, The Native Plant Society of New Jersey, Northeast States & Caribbean Islands Regional Water Center and New Jersey Sea Grant Consortium, USA, p. 68.
- Sharma, R. and Malaviya, P. (2021). Management of stormwater pollution using green infrastructure: the role of rain gardens. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 8(2).
<https://doi.org/10.1002/wat2.1507>
- Solmaz, S. (2021). Su Duyarlı Kentsel Tasarıma Yönelik Yağmur Bahçeleri Modeli: Isparta Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Isparta.

- Subramanian, D. (2022). Trends in Breeding Medicinal and Aromatic Plants (pp. 53–64). crc. <https://doi.org/10.1201/b22917-3>
- Şanlı, B. Z. (2006). Bursa ve Çevresinden Toplanan ve Ticareti Yapılan Bazı Ekonomik Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.
- Tekinalp, M. F. (2024). Peyzaj Mimarlığı'nda Yağış Suyu Yönetimi ve Yağmur Bahçelerinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Düzce.
- The Native Plant Society of New Jersey, (2005). Rain Garden Manual for New Jersey. The Native Plant Society of New Jersey, USA, p.24.
- Tübives, (2024). Türkiye Bitkileri Veri Servisi, <http://turkherb.ibu.edu.tr>. Erişim tarihi: 25 Ekim 2024.
- Vijayaraghavan, K., Biswal, B. K., Adam, M. G., Soh, S. H., Tsen-Tieng, D. L., Davis, A. P., Chew, S. H., Tan, P. Y., Babovic, V., & Balasubramanian, R. (2021). Bioretention systems for stormwater management: Recent advances and future prospects. *Journal of Environmental Management*, 292, 112766. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112766>
- Yıldırım, B. (2024). Yeşil Çatı, Yeşil Duvar, Yağmur Bahçesi Kullanımlarının Uygulama Rehberinin Geliştirilmesi: Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ordu.
- Zhou, Z. and Guo, Q. (2022). Drainage alternatives for rain gardens on subsoil of low permeability: balance among ponding time, soil moisture, and runoff reduction. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 8(3). <https://doi.org/10.1061/jswbay.0000988>

BÖLÜM XVII

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİ ANALİZLERİNDE EN ÇOK KULLANILAN KROMATOĞRAFİ TEKNİKLERİ

Öğr. Gör. Aslıhan GÜRBÜZER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514816>

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler Bölümü, Sivas, Türkiye.

aslihan@cumhuriyet.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-6753-2808

1. GİRİŞ

Tanımını tam olarak yapmak mümkün olmamakla birlikte “Tıbbi” ve “Aromatik” bitkiler terimleri çoğu zaman birçok kaynaktan birlikte görülmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkiler hastalığın önlenmesinde ve iyileştirilmesinde kullanılan bitkiler olup etken maddeleri ve tüketim alanları bakımından incelenecek olursa çok büyük bir alana sahiptirler. Bundan dolayı günümüzde standardize edilmiş bir gruplandırılma söz konusu değildir. Çoğunlukla buldukları etken maddelere, tüketim ve kullanım alanlarına ve sahip oldukları farmakolojik etkilerine göre sınıflandırılabilirler. Etken maddelerine göre yapılan gruplandırma ise en çok kullanılan gruplandırma çeşididir (Bayram vd., 2010).

Tıbbi ve aromatik bitkiler günümüzde gıda, kozmetik, boya, tekstil, ilaç ve tarım gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar. Tedavi amaçlı kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde insanların % 80 ‘si tedavilerini bitkisel ürünler ile gerçekleştirirken bu oran gelişmiş ülkelerde daha az olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; Orta Doğu, Asya ve Afrika’daki bazı ülkelerde %95’ e kadar yüksek bir oran var iken Almanya’da bu oranın %40-50 dolaylarına düştüğü görülmektedir. Ayrıca ABD’de %42, Avustralya’da %48 ve Fransa’da ise bu oran %49’dur (Göktaş ve Gıdık, 2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin araştırmaya konu olan özellikleri tedavi amaçlı kullanımlarının olmasıdır. Tıbbi ve aromatik bitkilerle tedavinin geleneksel tedavi, tamamlayıcı tedavi, doğal tedavi gibi farklı isimlerle kullanımları da mevcuttur. İlk tıbbi ve aromatik bitkilerle tedavinin M.Ö. 5000’lerde Mezopotamya uygarlığında yapıldığı kayıtlarda bulunmaktadır ve 250 bitkisel droğun kullanıldığı kayıtlara geçmiştir (Acıbuca ve Budak, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin tüketimindeki artışından dolayı tıbbi ve aromatik bitkilerin dünyada hızlı büyüyen bir pazarı oluşmuştur. 1990’lı yıllardan sonra tıbbi ve aromatik bitkilerin yeni kullanım alanları artmaya başlamıştır. Doğal ürünlere yönelimin daha çok olması tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımlarının sürekli artmasına neden olmaktadır. Tahminen günümüzde tıbbi bitkiler piyasasının yıllık yaklaşık 60 milyar dolarlık bir rakama sahip olduğu bilinmektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Uluslararası Ticaret Merkezi verilerine göre, 2010 yılında dünya tıbbi bitki ihracat değeri 10,3 milyon ABD doları olduğu bilinmektedir. Dünyada tıbbi

bitki ihracatında ilk sırayı Tayvan 1,6 milyon Amerikan doları ile almaktadır. 2. sırayı 1,4 milyon ABD doları ile Singapur 3.sırayı 1,4 milyon ABD doları ile Çin ve 4.sırayı 673 bin ABD doları ile Hindistan almaktadır (Bayraktar vd., 2017). Tıbbi bitkilerin en önemli ticaret merkezlerine de bakacak olursak Almanya, ABD, Japonya ve İngiltere’de bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne göre gelecekte tüm dünyada bitkilerle tedavi artacaktır (Acıbuca ve Budak, 2018).

2. SEKONDER METABOLİTLER

Bitkiler büyümede ve bitkinin gelişmesinde etkisini gösteren veya göstermeyen çok çeşitli organik bileşiklere sahiptirler (Tiring vd., 2021). Bitkiler kimyasal bileşikleri sentezlendikleri ve bu kimyasal bileşiklerin fonksiyonlarına göre primer metabolit ve sekonder metabolit olarak iki grupta incelenirler. Primer metabolit grubunda yer alan nükleotitler, amino asitler ve organik asitler bitkilerin yaşamsal işlevlerinden doğrudan etkilidir ve hemen hemen sentezleri tüm bitkilerde aynıdır. Primer metabolitlerin yaşam için önemli görevleri bulunmaktadır (Topçu ve Çölgeçen, 2015). Sekonder metabolitler ise bitkilerin yaşamsal işlevi açısından doğrudan etki etmeyen bileşiklerdir. Sekonder metabolitlerin ilk zamanlarda işlevsiz ve atık maddeler olduğunun sanıldığı konusunda tartışmalar bulunmaktadır. Daha sonraki yıllarda bitkinin savunma sistemi açısından sekonder metabolitlerin önemli olduğu bilim adamları tarafından açıklanmıştır (Tiring vd., 2021).

Genellikle düşük konsantrasyonlarda küçük bileşikler olarak yer alan sekonder metabolitlerin oluşumu genellikle organ, doku ve hücreye özgüdür. Sekonder metabolitler düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir (Bakır, 2020). Bitkinin yaşamsal işlevi açısından en az primer metabolitler kadar önem taşırlar. Çünkü türün hayatta kalma sürecine katkıda bulunurlar. Sekonder metabolitler bitkilerin zararlılar, hastalıklara ve olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılık oluşturmasını sağlarlar. Ayrıca bazı yabancı otlara allelopatik etki gösterdiklerinden dolayı da yaşadıkları ortamlarda var olan diğer bitkiler ile olan mücadeleleri söz konusudur. Suda ve yağda çözünebilen sekonder metabolitler radyoaktif olarak etiketlendiklerinde kaybolma süreleri birkaç gün veya birkaç saat sonradır (Alaca ve Arslan, 2012).

Bitki sekonder metabolitlerinin başlıca işlevleri aşağıda sıralanmıştır:

a) Strigolaktonlar gibi sekonder metabolitler tohum çimlenmesine uyarıcı etki yaparlar.

b) Bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinde bitkilerin bağışıklık sistemlerinde görev alırlar.

c) Bitkilerde savunma mekanizmalarının gelişmesinde rol oynarlar.

d) Bitkiler abiyotik ve biyotik strese maruz kaldığı zaman tolerans etkisini göstermede etkili olurlar.

e) Flavonoidler baklagil-*Rhizobium* etkileşimi için sinyal molekülü olarak görev alması gibi simbiyotik azot fiksasyonunda rol oynarlar.

f) Sekonder metabolitler simbiyotik arbusküler mikorhizal mantarların çekimine neden olurlar.

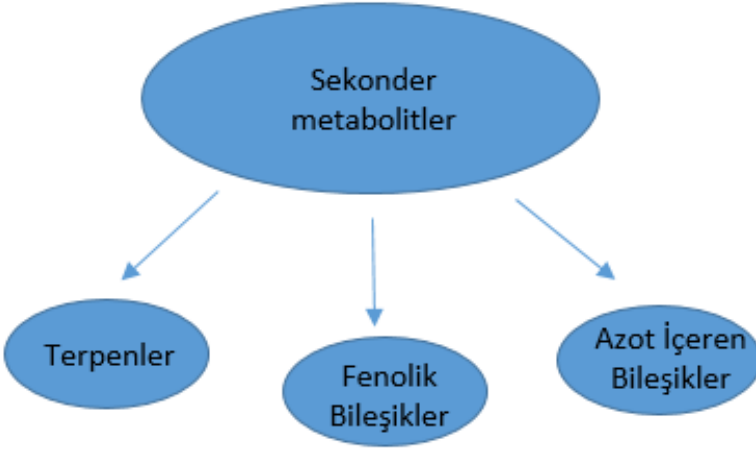
g) Sinyal olarak görev yapmalarının nedeni bitki için zararlı olan patojenleri kovmaktır.

h) İnsan sağlığı ve tarımda yararlı etkileri mevcuttur.

i) Sekonder metabolitler tarımsal sürdürülebilirliği girdilerini azaltarak fayda sağlarlar.

j) Ayrıca bitkilerdeki tozlaşma süreçlerine katkıları vardır (Özyazıcı, 2023).

Sekonder metabolitler halka yapıları ve şeker içeriği dikkate alınarak kimyasal yapılarına göre, nitrojen içerip içermedikleri bileşimlerine göre ve değişik çözücülerdeki çözünürlük veya sentez şekillerine göre sınıflandırılmaktadırlar (Alaca ve Arslan, 2012). Basit sınıflandırma ise genellikle biosentetik üretim yollarına göredir ve başlıca 3 grup içermektedir. Bunlar mevalonik asitten üretilen ve karbon ve hidrojenin bileşimiyle oluşan terpenler grubu basit şekerlerden meydana gelen hidrojen, oksijen ve benzen halkalarından oluşan fenolik grubu son olarak sülfür içerebilen ve çok çeşit bulunan nitrojen içerikli bileşik bulunduran gruplardır (Vuran ve Türker, 2021).



Şekil 1. Sekonder metabolitlerinin basit sınıflandırılması

2.1. Terpenler

Terpenler molekül yapısı itibari ile izopren türevi olan genel formülü C_3H_8 ile ifade edilen sekonder metabolitlerin en büyük sınıfını oluşturur. Bu gruba giren 22.000'in üzerinde bileşiğin var olduğu bilinmektedir. Terpenlerin ekolojik etkileşimde önemli görevleri vardır. Terpen ismi grubun ilk üyesi olan terebentinden gelmektedir. Hidrokarbon içeren terpenler olduğu gibi oksijen içeren terpenlerde mevcuttur ve terpenoidler veya izoterpenoidler olarak adlandırılmaktadırlar. Çoğu zaman terpenler bitki dokularında serbest olarak bulunurlarken bazen de glikozitleri, organik asit esterleri veya proteinler ile birlikte bulunurlar. Koku potansiyeli yüksek olan bileşiklerdir. Bu bileşikler genelde suda çözünmeyen yapılara sahiptirler (Tiring vd., 2021).

Terpenler yaygın olarak içerdikleri izopren (5 karbon) birimlerinin sayısına göre sınıflandırılmaktadır. Tek bir izopren biriminden oluşan hemiterpenler, iki izopren biriminden oluşan monoterpenler, üç izopren biriminden oluşan seskiterpenler, dört izopren biriminden oluşan diterpenler, altı izopren biriminden oluşan triterpenler, sekiz izopren biriminden oluşan tetraterpenler ve politerpenler (80-karbon biriminden fazla) şeklinde gruplara ayrılırlar. Mono- ve seskiterpenler eterik yağların ana yapısını oluşturmaktadır. Nane, limon, fesleğen, adaçayı gibi bitkilerin içerdiği yağlar en güzel örnekleridir Di-, sester-, ve triterpenoidler reçinelerin bileşenleri olarak bulunmaktadır. Sesterpenoidler mantarların ana yapısını

oluşturmaktadır. Tetraterpenoidler ise tüm karotenoidlerin yapısında bulunan sekonder metabolitlerdir. Başlıca tetraterpenlere ise, karotenoid pigment ailesi örnek verilebilir. Kırmızı, turuncu, sarı karotenoidler fotosentezde ve fotooksidasyondan fotosentez dokularını koruyan bileşiklerdir.

Terpenler ayrıca herbivorlar ve memeliler için oldukça toksik özellik gösterir. Örneğin; krizantem bitkisinin çiçek ve yapraklarında mevcut olan pretroids bir monoterpendir. Pretroids yapısı böcek aktivitesini engelleyen hem doğal hem sentetik toksiktirler. Çam ağaçlarında bulunan monoterpenler limonin ve merin olarak adlandırılırlar ve böceklere karşı dayanıklılık sağlarlar (Alaca ve Arslan, 2012).

2.2. Fenolikler

Çoğunlukla pigmentlerle temsil edilen ve tüm bitkilerde bulunan bir gruptur. Hücre duvarının güçlenmesine neden olan lignin gibi yapısal fonksiyonu olan bileşikler bu grupta yer almaktadır. Kimyasal yapılarında hidroksil grubu bulundurulur. Genellikle fenil halkası ve heterosiklik halka içeren 15 karbonlu bir iskeletten oluşur. Fenolik bileşikler bitkilerde de çözünür. Kimyasal yapılarına göre alt gruplara ayrılmaktadırlar; fenolik asitler (hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitler), kumarinler, flavonoidler, stilbenler, lignanlar ve tanenler. Kumarinler, isoflavonoidler gibi bazıları bitki savunmasında yer almaktadır. Bazıları da tozlaşmada, tohum gelişmesinde görev almaktadır. Bitkiler aleminde oldukça yaygın olarak bulunan flavonoidlerin molekül ağırlıkları düşüktür. Bugüne kadar 8000 kadar flavonoid rapor edilmiştir. Aromatik bir bileşik olan flavonoidler farmasötik, tıbbi ve kozmetik ürünlerin de önemli rol oynayan bileşiklerdir. Çoğu zaman vakuollerde bulunurlar. Çok sayıda enzimin inhibitörü olarak görev alırlar ve sağlığı geliştirici özellikleri mevcuttur (Özay ve Pehlivan, 2024; Topçu ve Çölgeçen, 2015). Flavonoidlerin, antioksidan, anti bakteriyel, antiviral, anti-enflamatuar, anti-alerjik, ve hücre çoğalmasını önleme gibi çok çeşitli biyolojik etkileri vardır (Karataş vd., 2019).

2.3. Azot İçeren Bileşikler

Alkaloidler, siyanogenik glikozitler ve protein olmayan aminoasitler azot içeren sekonder metabolitler sınıfına girmektedir. Azot içeren sekonder metabolitlerin sentezleri yaygın olarak bulunan aminoasitler üzerinden olmaktadır. Alkaloidlere bitkiler aleminin hemen bütün bölümlerinde rastlanır

ve alkaloidler bitkilerin belirli organlarında yer almaktadır (Bakır, 2020). 3000 yıldır insanlar tarafından kullanılan alkaloidler ilaç ve zehirlere katılarak kullanılmıştır. Alkaloidler aktif ve azot elementini barındıran bazik özellik gösteren bir sekonder metabolittir (Tiring vd., 2021).

3. KROMATOĞRAFİK ANALİZ

Renk anlamında gelen “kroma” ve ölçüm anlamına gelen “graphy” kelimelerinin birleşmesi ile oluşan renk yazma anlamına gelen kromatografi yaygın olarak kullanılan analitik bir yöntemdir. 20. y.y. başlarında ilk defa Rus botanikçi Michail Tswett tarafından kullanılan bir yöntem olup temeli karışımda bulunan maddelerin, biri sabit faz diğeri de hareketli faz olarak tanımlanan ve birbirleriyle karışmayan iki sistemden ayrılması tanınması ve saflaştırılması işlemlerine dayanmaktadır. Ayrılmanın gerçekleşmesi için maddelerin göç hızlarının farklı olması gerekmektedir. Sabit faz tarafından tutulan bileşikler hareketli faz da ise sürüklenerek ilerlerler. Bu şekilde birbirinden ayrılan maddelerin kalitatif ve kantitatif analizleri yapılmaktadır (Torgan, 2008; İmamoğlu, 2011). Kromatografik yöntemler uygulama biçimlerine göre ayrılma mekanizmalarına göre ve de faz tiplerine göre gruplandırılmıştır (Burcu, 2018). Ayrılma mekanizmalarına göre; adsorpsiyon kromatografisi, dağılma kromatografisi, iyon değiştirme kromatografisi ve afinite kromatografisi olarak incelenmektedir.

3.1. Dağılma Kromatografisi

Sıvı-sıvı kromatografisi olarak da bilinen dağılma kromatografisinin temelinde iki sıvı faz arasında maddelerin dağılma ilkesi vardır. Bir sıvı hareketli faz iken diğeri sıvıda katı yüzey üzerinde bulunan kolon dolgu maddesine tutturulmuş ince bir sıvı film tabakası olarak sabit fazdır. Sabit faz içerisinde karışımda bulunan maddeler çözünür ve bu ortamda maddelerin sabit fazda çözünürlüklerinin çok hareketli fazda ise çözünürlüklerinin az olması gerekmektedir. Durum tersi olursa maddelerin ayrımı söz konusu olmaz ve hareketli faz ile birlikte ortamın dışına çıkarlar. Sabit faz ile hareketli faz farklı polaritedeler ise örnek moleküllerde çözünürlükleri farklıdır. İki fazın polarite farklılığı ele alınarak dağılma kromatografisi normal faz ve ters faz kromatografisi olarak ikiye ayrılmaktadır (Saridal, 2018).

Normal Faz Kromatografisi: Sabit fazın mobil fazdan daha polar olduğu kromatografi şeklidir. Sabit faz genellikle silika veya alümina, hareketli fazlar ise hekzan, metilen klorür, kloroform, dietil eterdir. -CN, -NO₂, -NH₂ gibi polar yapıda olan fonksiyonel gruplar bağlanarak elde edilen normal fazlar kullanılabilir. Polaritesi yüksek olan maddeler kolonu daha geç terk etmektedirler (Abd Karim vd., 2003).

Ters Faz Kromatografisi: Ters fazlı sıvı kromatografisi mobil fazın sabit fazdan polarlığı yüksek olan kantitatif analiz için en çok uygulanan kromatografidir. Yüksek performanslı kromatografi (HPLC) uygulamalarının %80 inde kullanılan ters faz kromatografide analitler öncelikle hidrofobik etkileşimde bulundurulurlar. Ters fazlı sıvı kromatografisinde mobil fazın görevi nötr ve iyonlaşabilen çözünen maddeler için tutma ve seçiciliğini kontrol etmektir (Boyes vd., 2018).

3.2. İyon Değişirme Kromatografisi

Peptitlerin ve proteinlerin ayrılmasında kullanılan iyon değişirme kromatografisinin temeli iyonlaşabilen maddelerin ayrılmasına dayanmaktadır. İstenilen pH a ayarlanmış bir ortamda iyon ve iyonik bileşiklere sahip moleküller ayrılır. Alıkonma sabit faz ile madde arasında iyonik bağın kuvvetliliğine bağlıdır. Ayırma pKa'ya başka bir şekilde ifade edersek analizi yapılacak maddenin iyonik yapısına bağlıdır. Maddenin adsorplanması olayı bittikten sonra desorplanması olayı başlar. Desorpsiyon hareketli fazın pH ının veya hareketli fazda bulunan tuz çözeltisinin bileşiminin değiştirilmesi ile gerçekleşmektedir (Saridal, 2018).

3.3. Adsorpsiyon Kromatografisi

Bir karışımda bulunan maddelerin katı destek üzerinde farklı kuvvetlerde tutunması prensibine dayanan kromatografik bir yöntemdir. Bir çözeltideki maddeler sabit faza adsorbe oldukları gibi hareketli faza da desorbe olmaktadır. Adsorpsiyon ve desorpsiyon hızları eşit olduğu zaman ortam dengededir. İzomerler, hormonlar ve antibiyotikler adsorpsiyon kromatografisi ile kolayca ayrılabilirler (Koçak, 2012).

3.4. Afinite kromatografisi

Protein, enzim, karbonhidrat, vitamin gibi moleküllerin ayrılmasında, antikör ve antijen saflaştırılmasında kullanılan bu yöntem hedef biyomolekül ile kompleks oluşturan ligandın matriks üzerine immobilize edilmesine dayanmaktadır. Hedef olmayan biyomolekül afinite matriks kolondan ayrıldıktan sonra hedef biyomolekülün pH'ı veya iyonik gücünü değiştirilmektedir (Okşak vd., 2021).

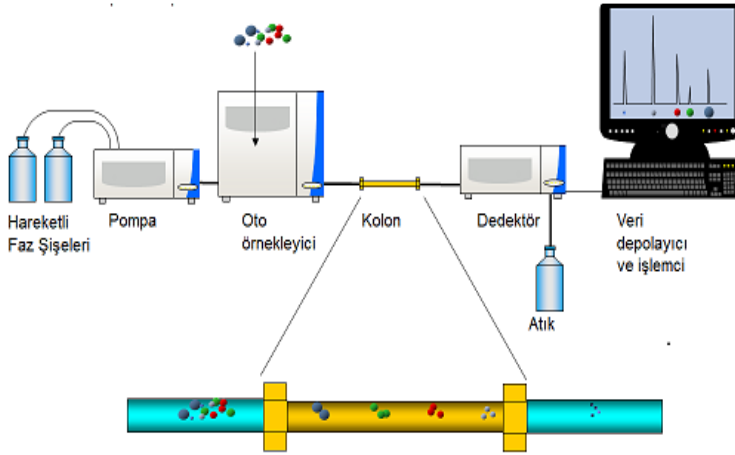
4. BİTKİ ANALİZLERİNDE EN ÇOK KULLANILAN KROMATOGRFİK TEKNİKLER

Bitkilerde bulunan uçucu bileşikler ve içerdikleri sekonder metabolitlerin analizleri birçok enstrümental yöntemlerle yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan teknikler gaz kromatografisi ve sıvı kromatografisi ile gerçekleştirilmektedir.

4.1. Sıvı Kromatografisi

1960'larda çok geliştirilen HPLC yüksek ayırma gücüne sahip yüksek performanslı bir sıvı kromatografisidir. Matriksin karmaşık yapıda olduğu yerlerde bulunan maddeleri ayrılması ile bu maddelerin miktar tayininde kullanılan bir yöntemdir. Sabit fazlar mikropartiküllerden oluşmaktadır. Polar ve apolar özellik gösteren akış hızı 1-5 mL /dakika arasında olan hareketli faz yüksek basınçta pompalanır. Yüksek basınçta pompalanması cihazın diğer cihazlara göre maliyetinin yüksek olmasına neden olmuştur. Modern bir HPLC cihazında 3-10 µm'lik dolgu maddelerinden oluşan bir kolonda birkaç yüz atmosferlik basınç uygulanır. HPLC 'de analizi yapılacak molekülün büyüklüğü gram-nanogram arasında değişen büyüklükte olabilir.

Aminoasitler, proteinler, nükleik asitler, hidrokarbonlar, karbonhidratlar, ilaçlar ve inorganik bileşikler gibi çok değişik türde maddelerin analizi yapılan HPLC cihazının temel parçaları enjeksiyon bölgesi, kolon, dedektör ve pompadan oluşmaktadır (Torgan, 2008). Pompa ile kolon arasında bulunan enjeksiyon hacmi analizi yapılacak örneği kolona taşır (Yenidoğan, 2005).



Şekil 2. HPLC cihazının şematik gösterimi (Okan Ongan, 2015)

HPLC cihazlarında kullanılan dedektör yeterli duyarlılıkta olmalı, cevap verme zamanı uzun olmamalı, güvenilirliği yüksek olmalı, numuneye zarar vermemeli, bant genişlemesine neden olmamak için iç hacmi minimum olmalıdır. HPLC cihazında yaygın olarak kullanılan dedektörler iletkenlik dedektörü, elektrokimyasal dedektör, floresans dedektör, fotodiyot dizisi dedektör, kütle spektrofotometre dedektör, UV dedektörlerdir (Swartz, 2010). HPLC’de kullanılacak kromatografik yöntem seçiminde dikkat edilecek noktalar vardır. Bunlar; bileşiklerin stabiliteyi, ölçümün yapılacağı duyarlılık, bileşiklerin molekül ağırlıkları, organik çözücüdeki veya sudaki çözünürlükleri, ultraviyole absorpsiyonuna karşı tepkileri, iyonik olup olmamalarıdır. Kütle spektrofotometrenin dedektör olarak kullanıldığı LC-MS tekniğinin kullanılarak farklı seçenekleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı maliyeti yüksek olan LC-MS-MS sistemleri olup bitkilerdeki sekonder metabolitlerin kantitatif ve nitelikli analizlerini gerçekleştirmektedir (Gülümser, 2021).

4.2. Gaz Kromatografisi

İnert bir hareketli gaz fazı ile elüsyon yapılan gaz kromatografisinde numune buharlaştırıldıktan sonra gaz haline geldikten sonra kolonun girişine enjekte edilmektedir. Gaz fazının molekül ile etkileşmemesi gaz kromatografisinin diğer kromatografik yöntemlerden ayıran önemli bir özelliğidir. Gazın başlıca görevi maddeyi kolon boyunca taşımaktır. Gaz

kromatografisi Gaz-Katı kromatografi, Gaz-Sıvı kromatografi olarak 2 çeşittir. Yaygın olarak kullanılan Gaz-Sıvı kromatografisidir. İnert olması gereken taşıyıcı veya hareketli faz olarak adlandırılan gaz genellikle helyum, hidrojen, azot gazıdır. Kullanılan detektöre göre gaz türü belirlenmektedir. Taşıyıcı gaz tüpünde basınç ayarlayıcılar, göstergeler ve sayaçlar mevcuttur. Gaz sisteminde safsızıkları önlemek amacıyla elek bulunmaktadır. Rotametre ile akış hızı kontrol edilmektedir (Atalay, 2006).

Numune kolona buhar halinde bir defada ve uygun miktarda verilmesi gerekmektedir. Kolonlar 2-50 m uzunluğunda paslanmaz çelik, saf bakır, alüminyum, teflon, cam veya eritilmiş silika kullanılarak yapılmaktadır. Gaz kromatografisi dedektörleri çok duyarlı değildir. Dedektörün doğru algı yapabilmesi için kararlılığını uzun süre koruması gerekmektedir. Dört dedektör tipi gaz kromatografik çalışmalarında sık kullanılan dedektörlerdendir. Bunlar; termal iletkenlik, alev iyonizasyon, nitrojen fosfor, ve elektron yakalama dedektörleridir (Gündüz, 2013).

4.3. Kromatografik Yöntemlerle Yapılan Bazı Bitki Analizleri

Geleneksel Anadolu halk hekimliğinde kullanılan bitkiler arasında yer alan *Caryophyllaceae* familyasına ait olan *Telephium imperati* (L.) nin fenolik bileşimlerini belirlemek için sıvı kromatografi-tandem kütle spektrometresi (LC-MS-MS) sistemi kullanılmıştır. Potansiyel antioksidan aktivitelerine bakmak için spektrofotometre cihazından yararlanılmıştır. Yapılan çalışmada standart olarak kullanılan BHA, BHT ve Troloks göre *Telephium imperati* nin antioksidan aktivitesi orta seviyede gözlemlenmiştir. LC-MS/MS tekniği ile 25 fenolik bileşik analizi yapılmış ve asetohidroksamik asit, kateşin hidrat, siringik asit, kafeik asit, kuersetin, luteolin, kaempferol bileşikleri belirlenmiştir (Güzel, 2024).

Ranunculaceae (*Düğün çiçeğigiller*) familyasına ait farmakolojik olarak son derece önemli olan *Nigella damascena* L. ile çalışmalar yapılmıştır. Sekonder metabolitler içeren ve pek çok terapötik özelliği bulunan değerli tıbbi ve aromatik bir bitki olan *N. damascena* L. İle yapılan bu çalışmalarda GC-MS ile 18 farklı uçucu yağ bileşiği tespit edilmiştir. Çalışmada ana bileşiğin %19,47 – 62,32 aralığında seskiterpen olduğu saptanmıştır. Bunu da %6,91 – 34,53 aralığında alkaloid bileşiğinin takip ettiği görülmüştür. Ayrıca uçucu yağ içeriğinde seskiterpenler ve alkaloidler

yoğun bulunmasının yanısıra çok az miktarda da monoterpene de rastlanmıştır (Ulus, 2021).

Yapılan bir araştırmada Anadolu'da yetişen 3 kantaron bitkisinin esansiyal yağlarının kimyasal bileşimi üzerinde çalışılmıştır. Ayrıca *C. lycopifolia*, *C. balsamita* ve *C. iberica*'nın uçucu yağlarının antikolinesteraz aktiviteleri araştırılmıştır. Uçucu yağlar hidrodistilasyon yolu ile yapılmış olup bunun için Clevenger aparatı kullanılmıştır. Bitkilerde bulunan uçucu yağ bileşikleri GC-FID ve GC-MS (gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi) ile analiz edilmiştir. Uçucu yağların ana bileşeni *C. lycopifolia* için karyofilen oksit (%9,7) ve spathulenol (%7,3), *C. balsamita* için α -selinen (%8,5) ve hekzatriakontan (%8,3) ve *C. iberica* için arakidik asit (%25,3) ve hekzadekanoik asit (%5,9) olarak gözlemlenmiştir (Ertaş, 2014).

Halk dilinde “çakşır otu” olarak adlandırılan *Apiaceae* ailesine ait ham ekstreleri hazırlanan çok yıllık otsu *Ferula* cinsi bitkilerinin ilk önce LC-MS/MS analizi ile kromatografik olarak sekonder metabolit içeriği analiz edilmiştir. Daha sonra spektrofotometrik yöntemlerle ise total flavonoit/fenol içeriği belirlenmiştir (Aslan vd., 2024).

Halk arasında, boyacı papatyası veya sarıpapatya olarak da adlandırılan *Anthemis tinctoria* bitkisinin toplama işleminin Tire/İzmir'den olduğu bir çalışmada *A. tinctoria* bitkisinin fenolik profili ve biyolojik aktiviteleri incelenmiştir. *A. tinctoria* bitkisinin fenolik ve flavonoit içerikleri spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. 30 adet fenolik bileşiğin dedeksiyonu ve miktar tayini LC-ESI-MS/MS cihazı ile yapılmıştır. Sonuç olarak en yüksek derişimde bulunan bileşikler fenolik asit olarak 1167,3±0,72 $\mu\text{g/g}$ ekstre ile 3-hidroksibenzoik asit ve 845,8±1,98 $\mu\text{g/g}$ ekstre ile ferulik asit 1598,4±2,15 $\mu\text{g/g}$ ekstre ile flavonoit olarak morin ve 1416,0±1,83 $\mu\text{g/g}$ ekstre ile bulunmuştur (Emir ve Emir, 2020).

Yapılan bir çalışmada *Sargassum vulgare* ve *C. Agardhdeniz* yosunu Antalya Serik bölgesinden temin edilmiştir. Daha sonra diklorometan-metanol (2:1) ekstresi hazırlanmıştır. Hazırlanan ekstreten kolon kromatografisi, preparatif ince tabaka kromatografisi yöntemleri kullanılarak iki sekonder metabolit ayrıştırılıp saflaştırılmıştır. Saflaştırmada istenilen verim elde edilememiştir. Saf olarak edilemeyen yağ moleküllerinin kompozisyonu ise GC-MS analizleri yapılarak belirlenmiştir. 3 bileşiğin antimikrobiyal olarak oldukça iyi aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Bunlardan *S. aureus* ve *A.*

flavus'a karşı SV7 ve SV27 hücre tiplerine karşı yüksek inhibisyon gösterdikleri tespit edilmiştir (Yuled, 2022).

Bitkilerde bulunan sinarin, kafeik asit, sirinjik asit, p-kumarik asit, o-kumarik asit, vanilik asit, ferulik asit, klorojenik asit fitokimyasal bileşiğın LC-MS-MS metodu geliştirilerek miktarsal tayini yapılmıştır. Ve daha sonra doğrusalılık, gerçeklik (geri kazanım), gün içi ve günler arası kesinlik, tayin ve gözlenebilme sınırları ve % 95 bağıl standart belirsizlik validasyon parametreleri çalışmıştır. UHPLC cihazı kullanılarak kromatografik olarak ayırım gerçekleştirilmiştir. Enginar, brokoli, karnabahar ve kenger gibi bitkilerin metanol ekstralarının yapısal içerikleri validasyonu yapılmış LC-MS-MS metodu ile tespit edilmiştir. 4 yenilebilir bitki türünden fenolik bakımından en zengin olanı enginar olarak belirlenmiştir. Ayrıca klorojenik asit miktarı en fazla olan bitki türü olarak görülmüştür. Geliştirilen LC-MS-MS metodunun birçok bitkiye de uygulanacağı öngörülmüştür (Yılmaz vd., 2018).

KAYNAKÇA

- Abd Karim, K. J. B., Jin, J. Y., & Takeuchi, T. (2003). Simultaneous separation of inorganic anions and cations by using anion-exchange and cation-exchange columns connected in tandem in ion chromatography. *Journal of Chromatography A*, 995(1-2), 153-160.
- Acıbuca, V., & Budak, D. B. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1), 37-44.
- Alaca, F., & Arslan, N. (2012). Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi. *Ziraat Mühendisliği*, (358), 48-55.
- Aslan, K., Ozdogan, S., Elbir, E., & Gulcin, I. Çakşır otu (*Ferula communis*) ve Hint ginsengi’nin (*Withania somnifera*) fitokimyasal içeriğinin ve Alzheimer hastalığı üzerine olan etkisinin karşılaştırılması. *Kromatografi XXII*, Erzurum, Türkiye, 11 - 13 Temmuz 2024, ss.77.
- Atalay, İ. (2006). *Gıda Paketleme Malzemelerinde Uçucu Organik Bileşiklerin Gaz Kromatografi İle Analizi (Master's thesis)*. Bursa Uludag University.
- Bakır, Ö. (2020). Sekonder metabolitler ve rolleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(4), 39-45.
- Bayraktar, Ö. V., Öztürk, G., & Arslan, D. (2017). Türkiye’de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi ve pazarlamasındaki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 216-229.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Kızıl, O. A. S., & Telci, İ. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin arttirilmesi olanakları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odasi, Ziraat Mühendisligi VII. Teknik Kongresi, 11, 15.
- Boyes, B., & Dong, M. (2018). Modern trends and best practices in mobile-phase selection in reversed-phase chromatography. *LCGC North America*, 36(10), 752-768.
- Burcu, E. S. E. R., & DİNÇEL, A. S. (2018). Kromatografiye giriş, yüksek performanslı sıvı kromatografi kullanımında basit ipuçları. *Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi*, 2(2), 51-57.

- Emir, A., & Emir, C. (2020). *Anthemis tinctoria* L. var. *tinctoria* L. Bitkisine Ait Fenolik Bileşiklerin LC-ESI-MS/MS ile Miktar Tayini ve Bitkinin Biyolojik Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 996-1006.
- Ertas, A., Gören, A. C., Boga, M., Demirci, S., & Kolak, U. (2014). Chemical composition of the essential oils of three *Centaurea* species growing wild in Anatolia and their anticholinesterase activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(5), 922-926.
- Faydaoğlu, E., & Sürücüoğlu, M. S. (2011). Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 11(1), 52-67.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- Gülümser, E., Mut, H., & Ergin, N. (2021). Farklı Soya Fasulyesi (*Glycine max* L.) Çeşitlerinde Sekonder Metabolitlerin Belirlenmesi. <https://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11552/2186/2020-01.B%20c5%20eE%20c3%20c.06-02..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gündüz, Z. Y. (2013). *Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile pestisitlerin gaz kromatografisinde tayini (Doctoral dissertation)*. Marmara Üniversitesi.
- Güzel, A. (2024). *Telephium imperati*'nin Lc-Ms/Ms İle Polifenollerin Taranması Ve Antioksidan Özellikleri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 12(1), 305-316.
- İmamoğlu, E. (2011). *İkili bir karışımın şurup dozaj formlarında ve insan plazmasında kromatografik olarak miktar analizi (Master's thesis)*. Sakarya Üniversitesi.
- Karataş, İ., Karataş, R., & Elmastaş, M. (2019). Yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin sıcak su infüzyonlarının sekonder metabolit içeriği ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 49-57.
- Koçak, Ö. F. Clopidogrel'in biyoanalitik yöntem validasyonu (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Okan Ongan (2015), HPLC (Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi) için Gaz Arındırıcı Üniteler, Okan Ongan Teknik.

- OKŞAK, N., & KURUCA, D. S. (2021). Hematopoetik Kök Hücre İzolasyonunda Güncel Yöntemler. *Journal of Istanbul Faculty of Medicine*, 84(3), 415-424.
- Özay, C., & Pehlivan, E. (2024). Bitki Sekonder Metabolitlerinin Biyosentezini Ve Akümülyasyonunu Etkileyen Faktörler. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 48(3), 44-44.
- Özyazıcı, M. A. (2023). Baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(3), 539-552.
- Saridal, K. Gıda örneklerinde tetrasiklin kalıntılarının izlenmesi için analitik yöntem geliştirilmesi (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Swartz, M. (2010). HPLC detectors: a brief review. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 33(9-12), 1130-1150.
- Tiring, G., Satar, S., & Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Topcu, Ş., & Çölgeçen, H. (2015). Bitki sekonder metabolitlerinin biyoreaktörlerde üretilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 9-29.
- Torgan, E. (2008). Kökboya (*Rubia tinctorum* L.) bitkisinden pigment eldesi, analizi ve uygulaması (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Ulus, F. (2021). Farklı gübre uygulamalarının *Nigella damascena* L.(Şam çörekotu) bitkisinde sekonder metabolit ve sitotoksik aktivite üzerine etkisi.
- Vuran, N. E., & Türker, M. (2021). Bitki doku kültürlerinde sekonder metabolit miktarını arttırmaya yönelik uygulamalar. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 487-498.
- Yenidoğan, S. (2005). Matbaa mürekkeplerinde kullanılan renklendirici maddeler ve analizleri için kromatografik yöntemlerin geliştirilmesi (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Yuled Çakır, A. (2022). *Sargassum vulgare*'den elde edilen sekonder metabolitlerin yapılarının aydınlatılması ve sitotoksik, antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi.

Yılmaz, M. A., Çakır, O., Arıca, E., Yener, İ., Otludil, B., Alma, M. H., & Ertaş, A. (2018). Yenilebilir Dört Bitki Türünün Fitokimyasal İçeriğinin Miktersal Tayini için LC-MS/MS Metot Validasyonu. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(1), 179-187.

BÖLÜM XVIII

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE BULUNAN FENOLİK BİLEŞİKLERİN TAYİNİNDE KULLANILAN ANALİTİK YÖNTEMLER

Dr. Esra DURGUN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514832>

¹esradurgun2017@gmail.com, Orcid ID: 0009-0009-2613-4019

1. GİRİŞ

Bitkilerin çeşitli kısımlarından elde edilen maddelerin hastalık tedavisinde kullanılmasına yarayan bitkilere tıbbi bitki denmekteyken bunların gıda ve kozmetik gibi alanlarda kullanılmasına da aroma verici anlamında aromatik bitki denmektedir.

Yüzyıllardır birçok alanda kullanılan aromatik bitkiler gıda alanında da oldukça sık kullanım alanı bulmuştur. Gıdalara renk, tat, aroma ve koruyucu olarak kullanılan bu bileşikler doğal antioksidan kaynaklarıdır. Bu bitkiler biyoaktif bileşikler içermektedir. Özellikle fenolik maddeler dejeneratif hastalık risklerini azaltan önemli bileşenlerdir (Patch vd., 2006).

Dünya üzerinde sayısı 750.000-1.000000 arasında bitki olduğu öngörülmekte ve bunların ancak 500.000 kadarı isimlendirilmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkiler, insanlığın var olduğu günden bu zamana kadar gıda ve kozmetik alanında ve hastalıklara karşı tedavi amacı ile kullanılmıştır. Bunun yanında ilaç, kimya ve boya gibi sanayinin birçok kolunda yoğun olarak kullanılmaktadır (Göktaş vd., 2019). Dünya sağlık örgütü verilerine göre 70.000 bitki tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. Bunların 21.000 kadarı ise ilaç sanayinde kullanılmaktadır. Bu 21.000 bitki dejeneratif hastalıklarla ilgili riskleri azaltma potansiyeline sahip olmaları açısından kıymetlidir (Toker vd., 2015). Bu bitkiler antioksidan özellik gösteren biyoaktif bileşikleri sayesinde dejeneratif hastalıklara tedavi sağlamaktadır. Bitkilerin antioksidan özelliklerinin fenolik maddeler sebebiyle olduğu yapılan çalışmalar sayesinde bilinmektedir.

20. yüzyılın başlarında hızlı sanayileşmenin etkileri doğal kaynaklarda kirlilik meydana getirmiştir. Bu kirliliklerin nedeni olarak ozon tabakasının incilmesi, herbisit ve pestisitler, çözücüler, petrokimya ürünleri, ilaçlar yer almaktadır. Bu kirlilikler bitkilere bulaşarak insanların vücuduna girmekte tüm vücut hücrelerine ve bağışıklık sistemine saldırmaktadır. Bu yüzden insanlarda bir takım hastalıklara sebep olmaktadır. Serbest radikal oluşumunun artması nedeniyle kanser, kalp hastalıkları gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bütün bu sonuçlar neticesinde yan etkisiz tedavi yöntemleri için yeni arayışlar merak uyandırmaya başlamıştır. Bu sebeplerden dolayı birçok bitki türünün doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmesi, toplumun sağlıklı beslenebilmesi için işlenmemiş gıdalara olan ilgiyi artırmıştır (Göktaş vd., 2019).

19. y.y. dolaylarında tıbbi bitkilerin aktif maddelerinin ekstraksiyonuna başlanmıştır. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak ve artan sanayileşme ile ekstraksiyon yöntemlerine ihtiyaç artmıştır. Bu sebeple yeni nesil ekstraksiyon yöntemleri gelişmiştir. Bunun yanı sıra bu aktif maddelerin analizleri önem kazanmış ve bu analizleri daha hızlı yapabilecek cihaz üretimine sebep olmuştur.

Tıbbi ve aromatik bitkilerde antioksidan aktiviteleri ve ikincil metabolit içerikleri bazı çözücülerden elde edilen ekstraktları kullanılarak araştırılmaktadır. Çözücü olarak etilalkol, metil alkol, etil asetat, aseton vb. kullanılmaktadır. İkincil metabolitler terpenoidler, fenolikler ve alkaloidler olarak gruplandırılmıştır. Fenolik bileşikler sağlıklı yaşam ve diyet uygulamaları üzerinde en yoğun araştırmaların yapıldığı ikincil metabolit grubundandır (Do vd., 2014).

Bu çalışmada fenolik bileşiklerin tayinleri için kullanılan analitik yöntemlerden bahsedilmiştir.

2. TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE İKİNCİL METABOLİTLER

Fenolik ve polifenolik yapıda olan maddeler doğal antioksidanlar olup bitkilerde, sebzelerde, meyvelerde, mantarlarda ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır. Doğal antioksidanlar (Vermerris ve Nicholson, 2006);

1. AskorbikAsit
2. Tokoferol
3. Karetonoid
4. Enzimatik Antioksidan
5. Peptid
6. Flavonoid
7. Polifenol (Hidroksi Benzoik Asit ve Sinnamik Asit ve Türevleri'dir).

İkincil bitki metabolitleri olarak fenolik ve polifenolik yapılar tanımlanmaktadır (Çelik ve Ayran, 2020). İkincil metabolitler organik moleküllerdir. Bitkiler için hayati önem taşırlar. Bunun yanında bitkilerde bitkilerin uyarılara cevap vermesini sağlayan kimyasal sinyalledir.

Bitkilerde ikincil metabolitlerin üretiminde; bitki büyümesini, gelişimini ve verimini çevresel faktörler etkileyerek bitkilerde stres durumunu ortaya çıkarır. Bu stres durumu sırasında bitkilerde ikincil metabolitler

üretir. İkincil metabolit salgıları uçucu yağ, alkaloid, flavonoid, tanen, saponin ve reçinedir. İkincil metabolit içeriği en yüksek türleri flavonoidler oluşturmasının yanı sıra en çok kullanılan doğal antioksidanlardandır (Yashin vd., 2017).

Flavonoidler fenolik bileşiklerde bulunmaktadır. Bir hidroksil grubu içeren yapısında bir aromatik halka bulunduran maddeler fenolik bileşikler olarak adlandırılmaktadır. Fenolik bileşikler farklı özelliklerdeki fenol türlerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Fenolik maddeler bitkiler için çeşitli metabolik faaliyetlerden sorumludurlar. Fenolik bileşikler temelde flavonoidler ve flavanoid olmayanlar olarak iki gruba ayrılmaktadır (Boyras ve Sürel ,2004).

Polifenoller serbest radikallere karşı savunma göstermektedir. Yüksek kimyasal aktivite, DNA'ya sahip olma, enzimler ve proteinlere bağlanabilme özelliklerine sahip olmaları nedeniyle savunma yapmakta ve bitkileri korumaktadırlar (Kafkas vd., 2006).

3. TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERDE FENOLİK TÜRLERİN ANALİZİ

Tıbbi ve aromatik bitkilerin analizinde kullanılabilir pek çok yöntem mevcuttur. Bu analizlerde fenolik türlerin tayin edilebilmesi için fenolik türe özgü analiz yöntemi seçilmelidir. Fenolik türler hidroksil grubu içermesi ve halkalı yapıya sahip olması nedeniyle en çok spektroskopik yöntemlerden UV-Vis görünür bölge spektroskopisi ve kromatografik yöntemlerden yüksek performanslı sıvı kromatografi, ince tabaka kromatografi ve gaz kromatografi ile analizi gerçekleştirilmektedir (Şahin ,2011).

3.1. Spektroskopik Analiz Yöntemleri

Spektroskopi tanım olarak bir örnekteki atom, molekül veya iyonların, bir enerji düzeyinden diğerine geçişleri sırasında ışığın absorplanması veya yayılan elektromanyetik ışımanın ölçülmesidir.

Işın - Madde etkileşmelerinde;

- Işımanın kırılması ve yansımaları,
- Işımanın saçılması
- Işımanın polarizasyonu

-Işımanın absorpsiyonu ve emisyonu olarak sıralanabilmektedir (Atılğan, 2013).

Işığın kırılması ve yansımaları, refraktometri cihazı ile ışığın kırılma indisi belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Refraktometri yönteminde maddelerin kırılma indisi değerleri baz alınarak hesaplama ve yorumlama yapılmaktadır, Maddelerin nitel ve nicel analizinde, saflık derecesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Refraktometri ölçümü yapan cihazlara "Refraktometre" adı verilmektedir.

Işının saçılması etkileşiminde, Fotonun örnekteki parçacıklara çarparak yön değiştirilerek ölçülmesi ile değerlendirilir. Bu etkileşimlerde Tyndall, Rayleigh ve Raman Saçılmaları görülmektedir.

• Tyndall saçılmasında, görünür bölge ışınları kullanılır. Asılı partikül(kolloidal) ve bulanık çözeltilerde gözlenir.

• Rayleigh saçılmasında, ortamda çözülmüş moleküller veya çok atomlu iyonlar bulunduğu gözlenir.

• Raman saçılmasında, parçacıklarla etkileşen dalga boyu ve ışığı saçan moleküllerin titreşim enerjisi düzeylerine göre değişmesine dayanır.

Işımanın polarizasyonu etkileşiminde, bir düzlemde ilerleyen dalgalardan oluşmaktadır. Işık dalgası tek bir düzlemde ilerliyorsa buna düzlemsel polarize ışık denir. Düzlemsel polarize ışık ile ışığı absorplamayan yani asimetrik maddeler etkileştiği zaman, polarize ışık düzlemini sağa (+) veya sola (-) değiştirir. Bu etkileşimlerin incelendiği yöntemler Polarimetri olarak bilinmektedir.

Işımanın Adsorpsiyonu ve Emisyonu, atomlar belirli bir elektron konfigürasyonuna sahiptir ve dış elektronlarındaki belirli enerji düzeyleri arasında geçişlere sahiptirler. Kuantum kuramı gereğince ancak bu koşullarda belirli bir enerji düzeyinde bulunabilirler. Bu enerji bir potansiyel enerjidir. Atomik spektrumlar belirlenirken elektronların bu geçiş hareketlerinden yararlanılmıştır. Atomlar en düşük enerji seviyelerinden (temel düzey) uyarılmış düzeye geçerken ışını absorbe ederler ve bu geçişler sayesinde ilgilenilen atomun absorpsiyon spektrumları belirlenmiş olur (Mantele ve Deniz, 2017).

Bunun yanında uyarılmış düzeye geçen atomlar veya moleküller tekrar temel düzeye dönerken ultraviyole yada görünür bölge sınırları içinde enerji

yayarlar. Atomların yaydığı bu enerjiye atomik emisyon adı verilirken, moleküllerin yaydığı bu enerjiye moleküler emisyon adı verilir.

Bu tür molekül ve atomların belirlenmesinde kullanılan yasa Lambert - Beer Yasası olarak bilinmektedir.

Lambert- Beer Yasası; Bir çözeltiden geçen ışığın miktarı, ışığın çözelti içinden geçen yol ve çözelti konsantrasyonuna bağlıdır (Mosorov, 2017).

Absorbans: Beer-Lambert Yasası

$$A = -\log(I_1 / I_0) = \varepsilon c l$$

derişim

Işık yolu

Şekil 1. Lambert Beer Yasası Şematik Gösterimi
(<https://www.youtube.com/watch?v=fJRJLUYZe9c>)

Şekil 1'de;

Geçirgenlik (T)= I/I 0

%Geçirgenlik (%T)=100 T

Absorbans (optik dansite,O.D.)=-log₁₀T

Absorbans (A)=ε· c·l

c →çözeltinin konsantrasyonu (mol/L)

l → ışığın çözelti içinde katettiği yol (cm)

3.1.1.Ultraviyole-Görünür Bölge Absorpsiyon Spektroskopisi

Fotometri, çözeltiden geçen ışık miktarı ya da çözeltinin absorbe ettiği(tuttuğu) ışık miktarından çözelti içindeki madde miktarını ölçme işlemidir. Bu ölçüm işlemi yapan cihazlara fotometre adı verilir.

Analiz edilecek olan örnek üzerine gönderilen ışınlar filtre, yarık ya da prizmalar aracılığıyla ayrılması sağlanabilmektedir. Filtre kullanılarak yapılan ayırmalarda kullanılan aletlere fotometre adı verilirken, yarık ya da prizma kullanılarak yapılan ayırmalarda kullanılan aletlere spektrofotometre adı

verilmektedir. Madde ışın etkileşimlerini incelemek için kullanılan yöntemlere absorpsiyon spektrometresi veya absorpsiyon spektrofotometresi adı verilmektedir (Çağlarırnak, 2013).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin fenolik türlerinin tayininde spektroskopik yöntemlerden genellikle UV-Gör Bölge Spektroskopisi kullanılmaktadır. Fenolik tür tayinlerinde genellikle nicel analiz yöntemleri uygulanmakta ve bu türlerin miktarları ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yapılmış çalışmaların birçoğunda ekstrakte edilen bitkilerin özütleri belirli ön işlemlerin ardından ya renkli hale getirilerek ya da renksiz halde UV de okuma yapılması şeklinde yer almaktadır. Standart bir maddeye karşılık fenolik türlerin okuması yapılarak belli dalga boyu aralıklarında taramalar yapılmakta ve bu veriler doğrultusunda Lambert -Beer yasasına uygun olacak şekilde derişim hesaplaması yapılmaktadır. Zoral vd. (2014) fenolik bileşiklerin, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerinin belirlenmesi konusunda yapmış olduğu çalışmada standart gallik asite karşılık oluşturulmuş bitkilerin toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu (Singleton vd., 1999) yöntemi uygulanarak ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Bu şekilde literatürde pek çok çalışma mevcuttur.

3.1.2. Kütle Spektrometresi (MS)

Atom veya moleküllerden gaz fazında iyonlar oluşturularak bunların kütle/yük oranlarına göre ayrılması prensibine dayanmaktadır. İyonların kütle/yük oranlarına göre ayrılabilmesi için önce atom veya molekülün gaz fazına geçirilip ardından iyonlaştırarak ayrımı sağlanır ve bu şekilde elde edilen veriler ile çizilen grafiklere kütle spektrumu adı verilir.

Çalışılacak olan örnek öncelikle MS' nin giriş kısmına gönderilir, bu kısım vakum altındadır ve maddenin gaz haline gelmesi için ısıtılması sağlanır (De Hoffman ve Stroobant, 2007).

Vakum altında gaz haline gelen maddenin molekülleri o bölümde bulunan oldukça küçük ve ince bir delikten difüzyonu sağlanarak iyonlaşma bölgesine geçer. Örneğe en uygun iyonlaştırma yöntemi seçilir. Kütle spektrometresinde iyonlaştırma bölgesinde iyonlar elde edilir. Bu iyonlar kütle ayırıcısına gönderilir. Kütle ayırıcısından geçen iyonlar dedektör tarafından algılanır. Sonuçta elde edilen kütle/yük oranlarına ait veriler aynı koşullarda elde edilmiş başka spektrumlar ile karşılaştırılır ve bu sayede

molekülün nitel analizi yapılmış olur. Bu yöntemle belirlenen pik yükseklikleri örnekteki maddenin derişimi ile orantılı olduğundan dolayı bu yöntem nicel analiz amacıyla kullanılabilir. Oldukça duyarlı bir yöntemdir. Yaklaşık 10^{-9} - 10^{-6} g 'lık örnek miktarlarının analizine olanak sağlayabilir (Sevindik vd., 2022).

Literatür taramalarına bakıldığında birçok tıbbi ve aromatik bitki türünün MS cihazı ile nicel tayini yapılmıştır. Özellikle fenolik türlerin tayininde kromatografik bir sistemde dedektör görevi görerek pek çok uçucu veya sıvı hale getirilmiş fenolik tür tayinleri gerçekleştirilmekte kullanılan çok fonksiyonlu ve oldukça kesin sonuçlar veren bir tekniktir.

3.2. Kromatografik Analiz Yöntemleri

Kromatografi, hareketli (mobil) faz ve sabit (Durgun) fazda analitlerin taşınması prensibine dayanan bir ayırma yöntemidir. Bir karışımda bulunan bileşenlerin hareketli (mobil) bir faz aracılığıyla, sabit (durgun) bir faz içinden farklı hızlarda hareket etmelerine bağlı olarak yapılan analiz yöntemidir. Kromatografinin birçok türü vardır (Eser ve Dinçel, 2018).

Tablo 1. Kromatografinin sınıflandırılması

Uygulama Biçimine Göre	Ayrılma Mekanizmalarına Göre	Faz Tiplerine Göre
<ul style="list-style-type: none"> • Düzlemsel Kromatografi ✓ Kağıt Kromatografi ✓ İnce tabaka Kromatografi • Kolon Kromatografi ✓ Gaz Kromatografi ✓ Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografi ✓ Süperkritik Akışkan Kromatografisi 	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorbsiyon Kromatografisi • Dağılma Kromatografisi • İyon Değişirme Kromatografisi • Moleküler Eleme Kromatografisi • İyon Çifti Kromatografisi • Afinite Kromatografisi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sıvı Kromatografisi ✓ Sıvı-sıvı Kromatografisi ✓ Sıvı-Katı Kromatografisi • Gaz Kromatografisi ✓ Gaz- Katı Kromatografisi ✓ Gaz-Sıvı Kromatografisi

Tablo 1' de (Eser ve ark,2018) kromatografinin sınıflandırılmasını bu şekilde vermişlerdir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin analizlerinde pek çok kromatografik yöntem kullanılmaktadır. Bu bitkilerin fenolik türlerinin tayin edilmesi, toplam fenol türlerinin antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi, bitkilerin yapısındaki şeker, organik asit, vitamin gibi türlerin içeriğindeki fenolik türevlerin kalitatif analizleri, bitkilerin yapısındaki birçok biyokimyasal içerik aydınlatılmasında kromatografik tekniklerin önemi büyüktür (Yaşa, 2016). Bu türlerin analizlerinde genellikle yüksek

performanslı sıvı kromatografisi, ince tabaka kromatografisi ve gaz kromatografi yöntemleri ön plana çıkmaktadır (Tuncel ve Yılmaz, 2010).

3.2.1. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), bir karışımdaki bileşenlerin ayrılması, belirlenmesi ve ölçülmesi için kullanılan bir analitik kimya tekniğidir. Sabit faz olarak kullanılan kolonlar katı bir adsorban maddeyle doldurulmuştur. Bu kolondan geçişi sağlanan hareketli faz olarak kullanılan ve içinde numune karışımının olduğu çözeltilinin yüksek basınçla kolondan ilerletilmesi prensibine dayanmaktadır (Kivilompolo vd., 2007). Numunedeki bileşenler, adsorban malzeme ile moleküler etkileşim içerisindeyler. Bu etkileşimler her bir bileşen için farklıdır ve bu farklılık sayesinde farklı akış hızlarına sahip olurlar. Akış hızları farkından yola çıkarak hareketli faz, sabit fazı(kolon) farklı sürelerde terk ederek bileşenlerin ayrılmasını sağlar. HPLC’ de kullanılan çok fazla sayıda kolon mevcuttur ve hareketli faz bileşenleri de belirli oranlarda çözeltiler kullanılarak oluşturulmaktadır. Ayrılan bileşenlerin daha sonra miktar tayinleri yapılabilmesi amacıyla dedektör kullanılmaktadır. Dedektörlerin çeşitlerine göre nitelik ölçümleri yapılabilmektedir. Bu ölçüm sonuçları HPLC çalışmalarında, standart maddeler kullanılarak hazırlanan kalibrasyonlar kullanılarak hedef bileşenlerin niceliksel tayinleri de yapılabilmektedir (Tuncel ve Yılmaz, 2010).

Tıbbi ve aromatik bitkilerdeki fenolik türlerin HPLC ile tayinlerini yapmak oldukça kolay ve uygulanabilirdir.

Flavonoidlerin ve fenolik asitlerin tayinlerinde HPLC tekniğinin kullanımının artmasının sebebi;

- ✓ HPLC ile flavonoid karışımlarının çözünürlüğü artırılmıştır.
- ✓ Analiz ölçümü ile hem nitel(kalitatif) hem de nitel (kantitatif) analiz yapılabilmektedir.

Flavonoidlerin (Flavon, Flavanol, Flavanon) ayrılmasında normal ve ters faz kromatografi kullanılabilir (Karadağ, 2019).

Bitkilerde bulunan fenolik asitlerin analizlerinde ise HPLC’de genellikle ters-faz kromatografi tercih edilmektedir. Fenolik asitlerin yapısı gereği uygun çözücü olarak su, metanol ve asetonitril gibi çözeltiler hareketli faz olarak tercih edilmektedir.

3.2.2. İnce Tabaka Kromatografisi

Fenolik tür analizleri için uygulanan geleneksel yöntemlerden biri ince tabaka kromatografisidir. İkincil metabolitlerden polifenol, alkaloidler, saponin, flavonoid, flavonon gibi türlerin ayrılmasında önemli olmuştur (Lade vd., 2014). İnce tabaka kromatografisinde kullanılan sabit fazlar genellikle silika jel, selüloz ve poliamit gibi yapılarıdır ve pek çok örneğin analizi için uygulaması kolay, ucuz maliyetli ve hızlı bir analiz yöntemidir. Genel olarak bir maddede bulunan bileşenleri belirlemek, ayırmak ve maddenin saflığını kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. Fakat nitel analizlerde geri kazanım değerleri oldukça düşüktür (Robbins, 2003). İnce Tabaka Kromatografisi doğal ürün analizinde özellikle bitki türlerinin fenolik asitlerinin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aybastier, 2020). Bitkisel ikincil metabolitler, bitkiler için ilk zamanlarda önemli olmayan doğal olarak üretilen bileşiklerdi ve bunlar ikincil metabolitler olarak biliniyordu. İkincil metabolitler, dış uyaranlar, abiyotik stres (Hoffman vd., 2003) biyotik stres, yaralanma, ısı, soğuk vb. altında üretilir (Jiang vd., 2005). Önemli ikincil metabolitlerden bazıları alkaloidler, esterler, flavonoidler (Gangwal, 2013), izoflavonoidler, fitoaleksinler, tanenler, salisilik asit ve lignindir. Tüm bu metabolitler, TLC kullanılarak bitki eksplantlarından belirlenir. Bitkilerdeki stres koşulları, bitkiden amino asit, örneğin prolin, poliamin gibi kuaterner aminler, farklı şeker ve alkol (Vinocur ve Altman, 2005) gibi ikincil metabolitlerin üretilmesine neden olur (Lade vd., 2014). Tüm bu ikincil metabolitler TLC kullanılarak analiz edilebilir. Farklı metabolit türleri ilaç formülasyonu ve kozmetoloji için kullanılmaktadır. İnce tabaka kromatografisi tıbbi ve aromatik bitkilerde bulunan fenolik bileşenlerinin analizi, farmakolojide ilaç analizleri, su ve yiyecek analizleri, adli tıp analizleri ve sanayide boya analizleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (İşyapan, 2011). İnce tabaka kromatografisinin prensibinde analiz edilecek madde karışımından az miktarda adsorban tabakanın bir ucuna damlatılır daha sonra adsorban plaka kapalı bir ilerletilme tankına daldırılır. Burada kapiler etkisiyle çözücünün tabakanın yukarısına kadar ilerlemesi beklenir. Kapiler etkisiyle yukarı çıkan çözücü sayesinde belirleme gerçekleştirilir.

3.2.3. Gaz Kromatografisi

Gaz kromatografisinde hareketli faz inert bir gazdan oluşmaktadır. Numunenin kolon girişine enjekte edilebilmesi için buharlaştırılması gerekir. Hareketli faz olarak kullanılan inert gazın akışıyla elüsyon gerçekleştirilir. Diğer kromatografi türlerinden farklı olarak, analiti kolon içine taşımaktır. Diğer kromatografi teknikleri gibi gaz kromatografisi de bir karışımda bulunan maddeleri ayırmaya yarar. Genellikle uçuculuğu yüksek türlerin bu yöntemle analizi daha uygundur. Amaç numunenin buharlaştırılarak kolonun girişine enjekte edilmesini sağlamaktır. Elüsyon yapılabilmesi için inert hareketli bir faza ihtiyaç vardır. Bu yöntemde gaz faz analit molekülleri ile etkileşime girmez. Bu gazın görevi sadece analiti kolon boyunca taşıma sağlamaktır (Kutlular, 2007).

Tıbbi ve aromatik bitkilerde gaz kromatografisinin kullanımı oldukça yaygındır. Bunun sebebi fenolik türlerde bulunan yapıların uçucu olma özelliklerinden dolayı GC ile analize oldukça uyumlu oldukları bilinmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda tıbbi ve aromatik bitki türlerinin uçucu yağlarının özellikle karvakrol ve timol gibi fenolik bileşiklerce zengin ikincil metabolitler olduğu belirlenmiştir (Joshi vd., 2015, Başlı vd., 2014). Gaz kromatografisinde dedektör olarak MS kullanılarak tıbbi ve aromatik bitkilerde ki fenolik türlerin tayininde oldukça önem arz etmektedir. GC-MS de oldukça karmaşık yapıları karışımların ayrımı, tespit edilmesi ve tayinlerinin yapıldığı analitik bir tekniktir. Bu yöntemde molekül kütlesi düşük olan ve uçuculuğu yüksek olan yüzlerce bileşiğin analizi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca bu yöntemde bileşikler termal kararlı olmalıdırlar (Seven, 2006).

4. SONUÇLAR

Tıbbi ve aromatik bitkilerin analizleri uzun bir dönem boyunca önem arz etmiştir. Son yıllarda bu bitkilerde bulunan fenolik türlerin analizine yoğunlaşmıştır. Literatüre bakıldığında pek çok çalışma alanı bulmuş olan tıbbi ve aromatik bitkilerde fenolik türler için bir diğer önemli çalışma alanı olarak bu türlerin analizlerine imkan sağlayan analiz yöntemleri olmuştur. Bu bölümde bu türlerin analizi için oldukça sık başvurulan analiz yöntemlerine değinilmiş ve bu yöntemlerin çalışma prensipleri ile birlikte genel bilgileri verilmiştir. Yaşamsal faaliyetlerin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi ve tıp, sanayi, eczacılık, gıda vb. birçok alanda kullanılması açısından bu türlerin

analizleri oldukça önemlidir ve oldukça kompleks yapılarla bile çalışıldığında bu türleri analiz edecek pek çok yöntemin uygulanabilir olduğu literatür taramalarında mevcuttur.

KAYNAKÇA

- Atılğan, A. (2013). *Acetylpyridine ketonunun ve argerol'ü bileşğinin titreşimlerinin deneysel ve teorik olarak incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aybastier, Ö. (2020). Farklı formlardaki ginkgo biloba'nın antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 206-212.
- Basli, A., Delaunay, J.-C., Pedrot, E., Bernillon, S., Madani, K., Monti, J.-P., Mérillon, J.-M., Chibane, M., & Richard, T. (2014). New cyclolignans from *Origanum glandulosum* active against β -amyloid aggregation. *Records of Natural Products*, 8(3), 208–216.
- Boyraz, N., & Sürel, B. (2004). Bitki hastalıklarına dayanıklılıkta fenoliklerin rolleri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 18(34), 56-69.
- Çağlarırnak, N. (2013). Gıda kalite sağlama ve gıda bileşenlerinin tanımlanmalarında enstrümantal analizlerin yeri ve önemi. *Akademik Gıda*, 11(3-4), 106–113.
- Çelik, S. A., & Ayran, İ. (2020). Antioksidan kaynağı olarak bazı tıbbi ve aromatik bitkiler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 13(2), 115-125.
- De Hoffmann, E., & Stroobant, V. (2007). *Mass spectrometry: principles and applications*. John Wiley & Sons.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y.-H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302.
- Eser, B., & Dınçel, A. S. (2018). Kromatografiye giriş, yüksek performanslı sıvı kromatografi kullanımında basit ipuçları. *Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi*, 2(2), 51-57.
- Gangwal, A. (2013). Extraction, estimation and thin layer chromatography of tannins: A review. *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 2(3), 1585–1588.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.

- Hoffmann, L., Maury, S., Martz, F., Geoffroy, P., & Legrand, M. (2003). Purification, cloning, and properties of an acyltransferase controlling shikimate and quinate ester intermediates in phenylpropanoid metabolism. *Journal of biological chemistry*, 278(1), 95-103.
- İşyapan, B. (2011). *Ellajik asidin ince tabaka kromatografisi ile saflaştırılması* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi
- Jiang, H., Wood, K. V., & Morgan, J. A. (2005). Metabolic engineering of the phenylpropanoid pathway in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied and environmental microbiology*, 71(6), 2962-2969.
- Joshi, P. K., Joshi, N., Tewari, G., & Tandon, S. (2015). Chemical, biocidal and pharmacological aspects of *Origanum* species: A brief review. *Journal of the Indian Chemical Society*, 92, 1603-1615.
- Kafkas, E., Bozdoğan, A., Burgut, A., Türemiş, N., Kargı, S., & Cabaroğlu, T. (2006). Bazı üzüksü meyvelerde toplam fenol ve antosiyanin içerikleri. II. Ulusal üzüksü meyveler sempozyumu, Tokat, 309-312.
- Karadağ, A. (2019). Türkiye'deki bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan potansiyelleri ve fenolik kompozisyonları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 631-637.
- Kutlular, Ö. (2007). Bazı adaçayı ve kekik türlerinin uçucu yağlarının süper ısıtılmış su ile ekstraksiyonları ve GC-MS ile karakterizasyonları (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lade, D. B., Patil, S. A., Paikrao, M. H., Kale, A. S., & Hire, K. K. (2014). A comprehensive working, principles, and applications of thin layer chromatography. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(4), 486-503.
- Mäntele, W., & Deniz, E. (2017). UV-VIS absorption spectroscopy: Lambert-Beer reloaded. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 173, 965-968.
- Mosorov, V. (2017). The Lambert-Beer law in time domain form and its application. *Applied Radiation and Isotopes*, 128, 1-5.
- Patch, C. S., Sullivan, D. R., & Fenech, M. (2006). Health benefits of herbs and spices: Cardiovascular disease. *The Medical Journal of Australia*, 185(4), S7-9.

- Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), 2866-2887.
- Şahin, S. (2011). Türkiye'de yetişen *Prunella L.* türlerinin fenolik bileşikleri ve antioksidan aktivitelerinin incelenmesinde analitik metotlar (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Seven, Ü. (2006). Gıda örneklerinde aromatik aminlerin gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC-MS) ile tayinlerinde katı faz ekstraksiyonu uygulamaları (Yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi.
- Sevindik, E., Uysal, H., & Apaydın, E. (2022). Aydın/Türkiye'de yetişen *Lavandula pedunculata* subsp. *cariensis* (Boiss.) Upton & S. Andrews (Lamiaceae) çiçeklerinin uçucu yağlarının kimyasal bileşiminin değerlendirilmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 15(1), 30–34.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Toker, R., Gölükcü, M., & Tokgöz, H. (2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerin gıda sanayisinde kullanım alanları. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 4(15), 54–59.
- Tuncel, N. B., & Yılmaz, N. (2010). Kaz Dağları'ndan toplanan bazı bitkilerin fenolik asit kompozisyonlarının yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 8(3), 18–23.
- Vermerris, W., & Nicholson, R. (2007). Phenolic compound biochemistry. Springer Science & Business Media.
- Vinocur, B., & Altman, A. (2005). Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current opinion in biotechnology*, 16(2), 123-132.
- Yaşa, F. (2016). Türkiye'de yetiştirilen hünnap meyvesinin bileşimi ve meyvenin kurutulması sırasında bileşiminde meydana gelen değişimler (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Yashin, A., Yashin, Y., Xia, X., & Nemzer, B. (2017). Antioxidant activity of spices and their impact on human health: A review. *Antioxidants*, 6, 70. <https://doi.org/10.3390/antiox6030070>
- Zoral, F., & Turgay, Ö. (2014). Çeşitli gıda atıklarının toplam fenolik madde içeriğinin, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17(2), 24-33.

BÖLÜM XIX

TIBBİ AROMATİK BİTKİLERİN ANTI-KANSER ETKİLERİ

Öğr. Gör. Dr. Dilara ÜLGER ÖZBEK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14514850>

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Sivas, Türkiye. dilaraulger@cumhuriyet.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-6834-020X

1. GİRİŞ

Halk dilinde şifalı otlar olarak bilinen, kokusu, tadı veya tedavi edici özellikleri için kullanılan bitki veya bitki parçalarına tıbbi ve aromatik bitkiler denilmektedir (Jain vd., 2016). Sağlığı korumak veya iyileştirmek için kullanılan bitkilerden yapılan ürünlere; bitkisel takviyeler, bitkisel ürünler veya fitomedikaller denir (Sri vd. 2010). İnsanlar, Milattan Önce 5000’li yıllardan günümüze değin bir çok hastalığın tedavisi, sağlığın korunması, yara iyileşmesi, beslenme gibi ihtiyaçlarını gidermek adına tıbbi ve aromatik bitkilerden ve fitomedikallerden faydalanmaktadır (Acıbuca ve Budak, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkiler; ilaç, gıda, boya, kozmetik, tekstil, tarım gibi birçok alana hitap edebilmektedir. Gelişmişlik düzeyine göre ülke bazlı bitkilerin tedaviye yönelik kullanımı değişkenlik gösterebilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki bireylerin %80’ i tıbbi bitkileri tedavi amacıyla kullanırken, Orta Doğu, Asya ve Afrika’daki bazı ülkelerde bu oran % 95’ e kadar çıkmaktadır. Ancak, gelişmiş ülkelerde bu oran daha da azdır (Acıbuca ve Budak, 2018).

Teknolojinin gelişmesiyle, ilaç üretimlerinin başlaması, tıbbi aromatik bitkilerin daha az tercih edilmesine neden olmuştur. İnsanların sentetik ilaç kullanımının yan etkilerini fark etmesiyle ve gıdalarda bulunan sentetik maddelerin insan sağlığını olumsuz etkilemesi bilinciyle, tekrar geleneksel bitkisel ilaç kullanımına yönelmiştir (Göktaş ve Gıdık, 2019). Geleneksel bitkisel ilaçlar, yerel veya bölgesel şifa uygulamaları kapsamında hastalıkları tedavi etmek için kullanılan, minimal veya hiç endüstriyel işleme tabi tutulmamış, doğal olarak oluşan bitki kaynaklı maddelerdir (Sri vd., 2010).

Tıbbi amaçlı kullanılan yaklaşık 500 kadar bitki sınıfı vardır (Türkan vd., 2006). Bu bitkiler yaş veya kuru haliyle kullanılabilen ve kök, gövde, tohum, kabuk, çiçek, yumru, gövde, yaprak gibi bitki kısımları farklı amaçlar, farklı tedaviler ve yöntemlerle kullanılmaktadır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Geniş kullanım alanına sahip bu bitkiler, familyalarına, organlarına, etken maddelerine, tüketimine ve farmakolojik etkilerine göre sınıflandırılabilir (Gül, 2014).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin büyümesine doğrudan etkisi olmayan çeşitli biyoaktif moleküller içerir ve bunlara ikincil metabolitler denir. Bunlar, flavonoidler, flavonlar, antosiyaninler, lignanlar, kumarinler, izokateşinler ve kateşinlerdir (Mansouri vd., 2015). Yapılan çalışmalar bu bileşiklerin anti-

kanser, anti-tümör, anti-inflamatuvar, anti bakteriyel, antiviral, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisi, kan şekeri düşürme, immunomodülatör, antioksidan, yaşlanma karşıtı ve nöroprotektif etki gibi çeşitli tıbbi faydalarının olduğunu göstermiştir (Yang vd., 2020).

Bu biyoaktif bileşikler, tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan özelliklerinden sorumludur. Hastalık ve tedavilerin yan etkiler ve maliyeti artmış ilaçlar, bitkisel ilaçların araştırılmasında ve kullanımına yönelimi arttırmıştır (Roy vd., 2017). Bu sebeple bu bölümde anti-kanserojen etkiye sahip tıbbi ve aromatik bitkiler hakkında detaylı bilgi sunmayı amaçlamıştır.

Kanser, anormal ve düzensiz hücre çoğalmasıyla karakterize edilen ölümcül bir hastalıktır. Dünyada önde gelen ölüm nedenlerinden biri olup, kalp-damar hastalıklarından sonra ikinci sırada yer almaktadır (Organization, 2005). Kanser, DNA'daki genetik mutasyonlar nedeniyle doğal ve sağlıklı hücrelerin deformasyonu yoluyla başlar. Bu düzensiz hücreler, eşeysiz üreme yoluyla anormal bir şekilde çoğalır, yani etrafındaki hücrenin büyümesinin düzenlenmesiyle ilgili sinyalleri görmezden gelir ve istila özellikleri edinir ve çevre dokulara da yerleşerek değişikliklere neden olur (Hinkle ve Cheever, 2018). Kansere sebebiyet veren en yaygın neden, yaşam tarzı değişiklikleridir. Bu sebeple kanser için daha iyi tedaviler bulunmasına acil olarak ihtiyaç vardır. Yüksek ölüm oranları ve hastalığın görülme sıklığı, oldukça etkili bir önlem gerektiren, dünya çapında önemli bir sağlık ve ekonomik sorun haline gelmiştir (Roy vd., 2017).

Günümüzde yaygın olarak kanser tedavisinde kemoterapi protokolleri uygulanmaktadır. Ancak bu protokol ve yöntemlerdeki ilaçların kanser hücresine seçici olmaması nedeniyle, sağlıklı hücrelerin çoğu da kanser hücreleriyle birlikte yok edilmektedir. Kanser tedavisindeki en önemli sorun, sağlıklı hücrelere zarar vermeden malign hücreleri yok etmektir. Bitkiler gibi doğal kaynaklardan anti-kanser ilaçları hazırlamak için sitotoksik bileşiklerin test edilmesi ve bitkilerin ham özlerinin taranması gerekir (Rafieian-Kopaie ve Nasri, 2015). Bu nedenle, yüksek etkinliğe ve daha düşük yan etkiye sahip doğal ürünlere ulaşmak istenmektedir (Lachenmayer vd., 2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler, kansere karşı yeni aktif moleküllerin keşfedilmesinde ikincil metabolitleri nedeniyle kanser tedavisinde önemlidir (Newman ve Cragg, 2007).

Yıllar geçtikçe, ikincil metabolitlerin biyoaktif bileşenleri çok etkili ve pratik bir anti-kanser ajanı kaynağı olduğu gösterildi. Hormonları hedef alarak etkinliğini gösteren anti-kanser ilaçlarına karşı, toksisitenin azalmasına ve tekrarlayan dirençle sonuçlanır (Bonofiglio vd., 2016).

Terpenoidler, kumarinler, alkaloidler ve flavonoidler, kanser hücrelerini engelleyen ve onlarla savaşmak için gerekli olan güçlü immunomodülatör ve antioksidan özelliklere sahip, tıbbi ve aromatik bitkilerin ikincil metabolitlerine örnektir (Baraya vd., 2017). Bitkilerin anti-kanser etkilerinin; kanser uyarıcı enzimleri baskılayarak, DNA'yı onararak, hücrede anti tümör enzim üretimini uyararak, vücut bağışıklığını artırarak ve antioksidan etki yaratarak geliştiği düşünülmektedir (Sakarkar ve Deshmukh, 2011). İmmunomodülatör ve antioksidan niteliklerine ek olarak kanser hücreleri üzerinde anti-proliferatif ve anti-apoptotik etkileri sayesinde, bu özelliklerini ortaya koyarlar. Bunlar, uzun süreli kullanımlarda oldukça güvenli olan, hem profilaktik hem de terapötik etkisi olan bir kemo-önleyici bir özellik sunar (Nguyen vd., 2019).

Hormon bozuklukları, çoğunlukla kanserin altyapısını hızlandıran sebeplerdir, fitoöstrojenler ve izoflavonoidler gibi biyoaktif kimyasallar da bu hastalık için endokrin bozucular olarak görev alır. Araştırmalara göre, bu bitki flavonoidleri östrojenik ve/veya anti-östrojenik özelliklerin yanı sıra kemopreventif yapıya da sahiptir (Křížová vd., 2019). Östrojen reseptörlerinden bağımsız olan serbest radikallerin ve genotoksik maddelerin üretimini ve bağlı olan hücrelerin büyümesini ve çoğalmasını önleme özelliğine sahiptirler. Ek olarak, östrojen reseptörü sinyal yolağının aktivitesi, oksidatif stresi ve kanser gelişimini indüklemeye kapasitesine sahiptir (Bak vd., 2016).

Kemoterapi ve sitotoksik etkileri olan kanserin zorlu tedavi sürecinin yerini alacak bitkilerin bulunması ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle bu bölümde anti-kanser aktivitesine sahip tıbbi ve aromatik bitkiler hakkında bilgi sağlamak için bir inceleme yapılmıştır.

2. ANTI-KANSER ETKİLİ TIBBİ AROMATİK BİTKİLER

Anti-kanser etkiye sahip olduğu bilinen, çeşitli araştırmalarda kullanılan ve etkileri kanıtlanan, karayılan kökü, kuzey kız kılı eğreltiotu, misk hatmi, sarı civanperçemi, geven otu, dilenci iğne otu, dikenli dişbudak,

ısrırgan otu, bahçe kekiği ve çörek otunun anti kanser etkileri hakkında bilgiler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

2.1. Karayılan Kökü (*Actaea racemosa*)

Ranunculaceae bitki ailesine ait olan ve yaygın olarak karayılan otu ve karayılan kökü olarak bilinir. Sikloartenol tipi triterpenoidler, sinamik asit türevleri ve simicifugosid gibi ikincil metabolitleri içerir. Kadın hastalıkları yönünden, adet görememe ve yumurtalık iltihabındaki etkisiyle yaygın olarak kullanılır (Mahady, Fabricant, Chadwick, & Dietz, 2002). Bu bitkinin ana bileşiği akteindir. Bu doğal bileşik, karaciğerdeki kolesterol ve serbest yağ asiti düzeylerini düşürerek insan HepG2 karaciğer kanser hücrelerinin büyüme ve çoğalmasına engel olur (Einbond vd., 2009).

2.2. Kuzey Kızılı Eğrelti Otu (*Adiantum venustum*)

Adiantum venustum (*Adiantaceae*), yaygın olarak Himalaya kız saçı eğrelti otu olarak bilinmektedir. Geleneksel olarak tümör tedavisinde çok faydalı olduğu bildirilmiştir. Fitokimyasallar, terpenoidler, fitosteroller, flavonoidler ve saponinler bitkinin yaprak ve gövde ekstraktlarından elde edilir. Bu bitkinin etanol özütü, zengin triterpenoidler ve flavonoidler içeriği ile anti-kanser ve antioksidan aktivite göstermiştir. Ayrıca bu ekstraktların yüksek lipit peroksidasyonu seviyelerini düşürerek, bir antitümör ajanı olarak davrandığı görülmüştür (Devmurari vd., 2010).

2.3. Misk Hatmi (*Abelmoschus moschatus*)

Abelmoschus moschatus, misk hatmi, yıllık ebegümece, misk ebegümece, misk banya, süs banya, gül ebegümece gibi birçok ortak isme sahip olan bitki Malvaceae ailesine ait tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Bitkinin tohumları yaprağının su ve etanolik özütleri, kolorektal adenokarsinom ve retinablastoma hücrelerine karşı antiproliferatif aktivite göstermiştir. Flavonoidler özütün antiproliferatif aktivitesinden sorumludur (Gul vd., 2011).

2.4. Sarı Civanperçemi (*Achillea wilhelmsii*)

Bilimsel adı *Achillea wilhelmsii* olan sarı civanperçemi, Asteraceae takımından ve Compositae cinsindedir. Bitkinin farklı türleri vardır ancak *Achillea wilhelmsii* sıklıkla İran bölgesinde yetişmektedir. Bu bitki 15 ila 40 cm boyunda, buğdaygillerden çok yıllık ve kısa bir bitkidir. Bitkinin yaprak

özütlerinin, kolon kanseri hücrelerinde sitotoksik etkiye sahip olduğu görülürken, yaprak özütlerinin kolon kanseri, mide ve meme kanserine karşı etkin olduğu görülmüştür (Alali Isfahani vd., 2013). Ayrıca, apoptozu indükleyerek kanser hücrelerinin çoğalmasını engelleyen fenol bileşikleri ile flavonoidler içerir (Uddin vd., 2011).

2.5. Geven Otu (*Astragalus cytosus*)

Ülkemizde, Geven otu olarak bilinen *Astragalus cytosus*, Leguminosae familyasına ait, çok yıllık bir bitkidir. Üremesi tohumlarla yapılır. Sapları koyu mor renktedir. Yaprakları her bir yaprağın ekseninde 11 ila 30 çift halinde yer alan yaprakçıklardan oluşur. Çiçekleri genellikle çiçekli dallarının ucuna yakın ametist, mavi veya beyazdır. Akciğer kanseri hastalarında denene bitki özütü hastalar üzerinde olumlu yanıtlar vermiştir (Cassileth vd., 2009). Bu bitkinin özütünün içerdiği flavonoidlerin karsinoma hücrelerini apoptoza yönlendirebileceğini bildirilmiştir (Hu vd., 2009).

2.6. Dilenci İğne Otu (*Bidens Pilosa*)

Halk arasında dilenci iğne otu, İspanyol iğnesi olarak bilinen, Asteraceae familyasına ait olan bu bitki, poliasetilenler, flavonoidler, fenilpropanoidler, terpenoidler ve diğer bileşiklerce zengindir. Bitkinin çeşitli özütleri ve fraksiyonları çeşitli kanser hücre hatlarında test edilmiştir. Anti tümör aktivite gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Kumari vd., 2009).

2.7. Dikenli Dişbudak (*Zanthoxylum nitidum*)

Rutaceae ailesine ait olan *Zanthoxylum nitidum*, Avustralya ve Güneydoğu Asya ülkelerinde yetişmektedir. Flavonoidler, alkaloidler, karbonhidratlar ve amino asitler açısından zengindir. Kökünde nitidin klorür, dihidronitidinler, oksinitidin skimmianine, α -allocryptopine ve 6-methoxy-5,6-dihydrochelerythrine içerir. Mide, diş ağrısı, romatizma, öksürük, kusma, kolera ve ishal tedavisinde bu etken madde sayesinde etkindir. Nitidin anti kanser aktiviteye sahiptir ve genellikle topoizomeras I ve II inhibitörü olarak sınıflandırılan DNA interkalatörüne karşı sitotoksik aktivite gösterir ve bu da kanser hücrelerinin apoptoza uğramasını sağlayarak, baskılanmasını düzenler(Fang vd., 1993).

2.8. Isırgan Otu (*Urtica dioica* L)

Isırgan otu (*Urtica dioica*), otsu dallı bacakları olan, çok yıllık bir bitkidir. Sürgün düz ve kare şeklindedir yaprakları vardır. Bitkinin kök özüt çalışmalarında, prostat kanseri hücrelerinin çoğalmasını inhibe edici etki sahip olduğu bildirilmiştir (Konrad vd., 2000). Yine bir çalışmada bu bitkinin yemek borusu kanserine karşı anti kanser etkisi olduğu vurgulanmıştır. Antioksidan fenolik maddeler içeren bu bitki, anti kanserojen olarak önemli bir rol oynamaktadır (Aydin vd., 2006).

2.9. Bahçe Kekiği (*Thymus vulgaris*)

Thymus vulgaris L, yaygın olarak bahçe kekiği ismiyle anılmaktadır. Lamiaceae familyasına ait olan bahçe kekiği, düz gövdeli, otsu veya odunsu bir bitkidir. Beyaz tüylerle kaplı dallı gövdeye sahiptir ve herdem yeşil olan aromatik yaprakları ve soluk mor ila beyaz renkte çiçekleri vardır. Yapılan bir çalışmada, kekik özütünün, prostat kanser hücrelerinde anormal ve prekanseröz lezyonların büyümesini engellediği ve baş ve boyun skuamöz hücreli karsinomunu tedavi ettiği görülmüştür (Keramati vd., 2011). Bu bitki, flavonoidleride kapsayan birçok ikincil metabolite sahiptir. Timol ve karvakrol, meme kanseri ve kolorektal kanser tedavisinde bitkinin en etkin fenol bileşimidir. Yine yapılan bir çalışmada, bitkinin insan kolorektal kanser hücrelerinin göçünü ve yayılmasını engellediği kanıtlanmıştır (Abaza vd., 2015).

2.10. Çörek Otu (*Nigella sativa*)

Çörekotu yâda siyah tohum olarak anılan bu bitki, Ranunculales Ranunculaceae familyasındandır. Güneybatı Asya yöresine ait olan bu yıllık çiçeksiz bitki, anti kanser etkisini, karaciğer üzerinde antioksidan koruyucu özelliğine sahip olarak göstermiştir (Ait Mbarek vd., 2007). Bitkinin timokinon bileşiminin, antiproliferatif, anti kanser, antioksidan özelliklere sahip olduğu ve bu sayede kolorektal kanser hücrelerinde ve meme kanserinde artan hücre morfolojik değişikliklerini ve invazyonu engelleme gibi bir etkide bulunduğu görülmüştür (Khalife vd., 2016).

3. SONUÇ

Kanser, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde görülen, ölümcül sağlık problemlerinden biridir. Kemoterapi ve ışın tedavisi çoklu yan etkilere sahip

olduğundan, kanser tedavisinde alternatif ilaçlara ihtiyaç vardır. Tıbbi aromatik bitkiler, birçok hastalık ve sağlık problemlerinde tedavi edici özelliğe sahip, potansiyel aktiviteleri olan ikincil metabolitler içerir. Bitki özütlerinden elde edilen bu metabolitler ve kanser karşıtı ajanlar, yeni ilaçların geliştirilmesine katkı sunar. Bu bölümde, kanser karşıtı aktivite gösteren ikincil metabolitleri olan tıbbi aromatik bitkiler hakkında bilgi verildi. Tıbbi aromatik bitkiler ve türevlerinin farklı kanser türlerine karşı aktif olduğu sonucuna varılabilir. Bitkisel ilaç tedavisi, daha ucuz olduğu için kanserleri etkili bir şekilde tedavi etmek için kırsal kesimdeki ve düşük ekonomik gelirli ülkelerde ön plana çıkabilir. Tıbbi aromatik bitkilerin kanser karşıtı aktivite açısından taranması, güçlü kanser karşıtı ajanların geliştirilmesi için büyük bir alan sağlar.

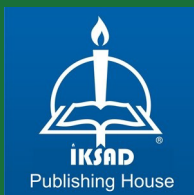
KAYNAKÇA

- Abaza, M. S. I., Orabi, K. Y., Al-Quattan, E., & Al-Attayah, R. a. J. (2015). Growth inhibitory and chemo-sensitization effects of naringenin, a natural flavanone purified from *Thymus vulgaris*, on human breast and colorectal cancer. *Cancer cell international*, 15, 1-19.
- Acıbuca, V., & Budak, D. B. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1), 37-44.
- Ait Mbarek, L., Ait Mouse, H., Elabbadi, N., Bensalah, M., Gamouh, A., Aboufatima, R., . . . Dalal, A. (2007). Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa* L.) extracts. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40, 839-847.
- Alali Isfahani, L., Monajemi, R., & Amjad, L. (2013). Cytotoxic effects of extract and essential oil leaves of *Achillea wilhelmsii* C. Koch on colon cancers cells. *Experimental Animal Biology*, 1(3), 1-6.
- Aydin, M., Aslaner, A., & Zengin, A. (2006). Using *Urtica dioica* in esophageal cancer: a report of a case. *Internet J Surg*, 7(2).
- Bak, M. J., Gupta, S. D., Wahler, J., & Suh, N. (2016). *Role of dietary bioactive natural products in estrogen receptor-positive breast cancer*. Paper presented at the Seminars in cancer biology.
- Baraya, Y. u. S. a. B., Wong, K. K., & Yaacob, N. S. (2017). The immunomodulatory potential of selected bioactive plant-based compounds in breast cancer: a review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 17(6), 770-783.
- Bonofiglio, D., Giordano, C., De Amicis, F., Lanzino, M., & Ando, S. (2016). Natural Products as Promising Antitumoral Agents in Breast Cancer: Mechanisms of Action and Molecular Targets. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 16(8), 596-604.
- Cassileth, B. R., Rizvi, N., Deng, G., Yeung, K. S., Vickers, A., Guillen, S., . . . Kris, M. G. (2009). Safety and pharmacokinetic trial of docetaxel plus an *Astragalus*-based herbal formula for non-small cell lung cancer patients. *Cancer chemotherapy and pharmacology*, 65, 67-71.

- Devmurari, V., Pandey, S., Goyani, M., Jivani, N., Marotrao, S., & Sivakumar, P. (2010). Evaluation of Anticancer Activity of *Adiantum venustum* (Don). *Int J Pharmacog Phy Res*, 2(1), 5-10.
- Einbond, L. S., Soffritti, M., Esposti, D. D., Park, T., Cruz, E., Su, T., . . . Ham, J. (2009). Actein activates stress-and statin-associated responses and is bioavailable in Sprague-Dawley rats. *Fundamental & clinical pharmacology*, 23(3), 311-321.
- Fang, S. D., Wang, L. K., & Hecht, S. M. (1993). Inhibitors of DNA topoisomerase I isolated from the roots of *Zanthoxylum nitidum*. *The Journal of Organic Chemistry*, 58(19), 5025-5027.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- Gul, M. Z., Bhakshu, L. M., Ahmad, F., Kondapi, A. K., Qureshi, I. A., & Ghazi, I. A. (2011). Evaluation of *Abelmoschus moschatus* extracts for antioxidant, free radical scavenging, antimicrobial and antiproliferative activities using in vitro assays. *BMC complementary and alternative medicine*, 11, 1-12.
- Gül, V. (2014). Rize Yöresine Ait Tıbbi ve Aromatik Bitkilere Genel Bir Bakış. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 4(4).
- Hinkle, J. L., & Cheever, K. H. (2018). *Brunner and Suddarth's textbook of medical-surgical nursing*: Wolters kluwer india Pvt Ltd.
- Hu, Y.-W., Liu, C.-Y., Du, C.-M., Zhang, J., Wu, W.-Q., & Gu, Z.-L. (2009). Induction of apoptosis in human hepatocarcinoma SMMC-7721 cells in vitro by flavonoids from *Astragalus complanatus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 123(2), 293-301.
- Jain, S., Dwivedi, J., Jain, P. K., Satpathy, S., & Patra, A. (2016). Medicinal plants for treatment of cancer: A brief review. *Pharmacognosy Journal*, 8(2).
- Keramati, K., Sanai, K., Babakhani, A., Rakhshan, M., Vaezi, G., & Haeri, A. (2011). Effect of hydroalcoholic extract *Thymus vulgaris* induced prostate cancer injection DMBA in Wistar rats. *J Pazhuhesh*, 35, 135-140.
- Khalife, R., Hodroj, M. H., Fakhoury, R., & Rizk, S. (2016). Thymoquinone from *Nigella sativa* seeds promotes the antitumor activity of

- noncytotoxic doses of topotecan in human colorectal cancer cells in vitro. *Planta Medica*, 82(04), 312-321.
- Konrad, L., Müller, H.-H., Lenz, C., Laubinger, H., Aumüller, G., & Lichius, J. J. (2000). Antiproliferative effect on human prostate cancer cells by a stinging nettle root (*Urtica dioica*) extract. *Planta Medica*, 66(01), 44-47.
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. (2019). Isoflavones. *Molecules*, 24(6), 1076.
- Kumari, P., Misra, K., Sisodia, B. S., Faridi, U., Srivastava, S., Luqman, S., . . . Singh, S. C. (2009). A promising anticancer and antimalarial component from the leaves of *Bidens pilosa*. *Planta Medica*, 75(01), 59-61.
- Lachenmayer, A., Alsinet, C., Chang, C. Y., & Llovet, J. M. (2010). Molecular approaches to treatment of hepatocellular carcinoma. *Digestive and Liver Disease*, 42, S264-S272.
- Mahady, G. B., Fabricant, D., Chadwick, L. R., & Dietz, B. (2002). Black cohosh: an alternative therapy for menopause? *Nutrition in Clinical Care*, 5(6), 283-289.
- Mansouri, E., Kooti, W., Bazvand, M., Boroan, M. G., Amirzargar, A., Afrisham, R., . . . Jalali, N. (2015). The effect of hydro-alcoholic extract of *Foeniculum vulgare* Mill on leukocytes and hematological tests in male rats. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 10(1).
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2007). Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *Journal of natural products*, 70(3), 461-477.
- Nguyen, C., Baskaran, K., Pupulin, A., Ruvinov, I., Zaitoon, O., Grewal, S., . . . Pandey, S. (2019). Hibiscus flower extract selectively induces apoptosis in breast cancer cells and positively interacts with common chemotherapeutics. *BMC complementary and alternative medicine*, 19, 1-14.
- Organization, W. H. (2005). Preventing chronic diseases: a vital investment.
- Rafieian-Kopaie, M., & Nasri, H. (2015). On the occasion of world cancer day 2015; the possibility of cancer prevention or treatment with

- antioxidants: the ongoing cancer prevention researches. *International Journal of Preventive Medicine*, 6(1), 108.
- Roy, A., Ahuja, S., & Bharadvaja, N. (2017). A review on medicinal plants against cancer. *Journal of Plant Sciences and Agricultural Research*, 2(1), 008.
- Sakarkar, D., & Deshmukh, V. (2011). Ethnopharmacological review of traditional medicinal plants for anticancer activity.
- Sri, P. U., Sree, N. V., Revathi, S., Kumar, Y. A., & Sri, N. D. (2010). Role of herbal medicines in cancer. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(11), 7.
- Türkan, Ş., Malyer, H., Özeydın, S., & Tümen, G. (2006). Ordu ili ve çevresinde yetişen bazı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2).
- Uddin, S. J., Grice, I. D., & Tiralongo, E. (2011). Cytotoxic effects of Bangladeshi medicinal plant extracts. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2011(1), 578092.
- Yang, W., Chen, X., Li, Y., Guo, S., Wang, Z., & Yu, X. (2020). Advances in pharmacological activities of terpenoids. *Natural Product Communications*, 15(3), 1934578X20903555.



ISBN: 978-625-378-017-3