

TARIM BİLİMLERİ ALANINDA MULTİDİSİPLİNLER GÜNCEL ÇALIŞMALAR IV

Editörler: Doç. Dr. Kübra YAZICI
Doç. Dr. Hülya DOĞAN



TARIM BİLİMLERİ ALANINDA MULTİDİSİPLİNER GÜNCEL ÇALIŞMALAR IV

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Kübra YAZICI
Doç. Dr. Hülya DOĞAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Halil Erhan EROĞLU
Prof. Dr. İsmail KARACA
Prof. Dr. Yusuf UZUN
Prof. Dr. Emine Sema ÇETİN
Doç. Dr. Levent YAZICI
Doç. Dr. Şeyda SAVALAN
Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ
Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN
Dr. Öğr. Üyesi Ali KAYAHAN
Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN
Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK
Öğr. Gör. Dr. Murat ERTUĞRUL

Dr. Adil Koray YILDIZ
Dr. Betül KAYAHAN
Dr. Güzella YILMAZ VURAL
Dr. Lerzan ÖZTÜRK
Öğr. Gör. Ümran ŞEKER ERTUĞRUL
Arş. Gör. İbrahim UZ
Ecz. İrem KARAMAN
Ziraat Müh. Barış Sina BAŞAR
Ziraat Tek. Oykun ÇALIŞKAN



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: 978-625-367-789-3
Cover Design: Atakan PİRLİ
August / 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRLERDEN ÖNSÖZ.....	1
BÖLÜM 1 CANNABIS L. CİNSİNİN KARYOLOJİSİ, GENOMU VE ÖNEMLİ AKTİF BİLEŞENLERDEN SORUMLU GENLERİ	
Prof. Dr. Halil Erhan EROĞLU	3
BÖLÜM 2 GELİN BÖCEKLERİNİN (COCCINELLIDAE) BİYOLOJİSİ VE YAPRAK BİTLERİ İLE OLAN İLİŞKİLERİ	
Dr. Öğr. Üyesi Ali KAYAHAN Dr. Betül KAYAHAN Prof. Dr. İsmail KARACA.....	23
BÖLÜM 3 KURU FASULYE TÜRLERİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA	
Öğr. Gör. Ümran ŞEKER ERTUĞRUL Öğr. Gör. Dr. Murat ERTUĞRUL	49
BÖLÜM 4 SAĞLIK SEKTÖRÜNDE KENEVİRİN (<i>Cannabis sativa</i> L. ve <i>Cannabis indica</i> L.) ÖNEMİ	
Prof. Dr. Yusuf UZUN Ecz. İrem KARAMAN.....	63
BÖLÜM 5 LİF BİTKİLERİ: DÜNYA VE ÜLKEMİZDE MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ	
Doç. Dr. Levent YAZICI.....	105
BÖLÜM 6 BİTKİ STRES FİZYOLOJİSİNDE FENOMİKS	
Arş. Gör. İbrahim UZ Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ.....	131

BÖLÜM 7

ESANSİYEL YAĞLARIN NEMATOD MÜCADELESİNDE ETKİNLİĞİ

Dr. Lerzan ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN..... 163

BÖLÜM 8

KARAYOLU BİTKİSEL TASARIMLARININ HAVA KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Güzella YILMAZ VURAL 183

BÖLÜM 9

YOZGAT İLİNDE KIRSAL TURİZM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK 197

BÖLÜM 10

YAĞLI TOHURLU BİTKİLER: DÜNYA VE ÜLKEMİZDE MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Levent YAZICI..... 231

BÖLÜM 11

SİĞIRLARDA HASSAS ÜREME YÖNETİMİ VE KIZGINLIK TAHMİNİ

Dr. Adil Koray YILDIZ

Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN..... 257

BÖLÜM 12

JASMONİK ASİT VE BİTKİ BÜNYESİNDEKİ FONKSİYONLARI

Oykun ÇALIŞKAN

Prof. Dr. Emine Sema ÇETİN 275

BÖLÜM 13

BİYOKÖMÜR İLAVELİ ATIK ÇAMURUNDA YETİŞTİRİLEN *Cercis siliquastrum* BİTKİSİNİN BÜYÜME VE GELİŞİM PERFORMANSI

Dr. Güzella YILMAZ VURAL 293

BÖLÜM 14

HİBİSKUS BİTKİSİ'NİN (*Hibiscus sabdariffa* L.) TARIMI VE FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ziraat Müh. Barış Sina BAŞAR

Doç.Dr. Şeyda SAVALAN..... 307

BÖLÜM 15

ALMANYA İLE TÜRKİYE ARASINDA TARIMSAL PAZAR ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK 327

ÖNSÖZ

Değerli okuyucularımız,

Tarım, çevre ve sağlık konuları, insanlığın geleceği için hayati öneme sahip üç temel unsurdur. Son yıllarda tarım, çevre ve sağlık konularının bir bütün olarak değerlendirilmesi, güncel araştırmaların tartışılması ile disiplinler arası çalışmalara olanak verilmiştir. Bu alanlarda yapılan çalışmalar, sadece günümüz yaşam kalitesini artırmakla kalmayıp gelecek nesillerin de sürdürülebilir ve sağlıklı bir dünyada yaşamalarını sağlaması adına büyük bir önem taşımaktadır.

Bu bağlamda dünyada birçok üniversitede multidisipliner programlar açılmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, dünyanın önde gelen ülkelerinde multidisipliner konular üzerine çalışan bilim insanı sayısı her geçen gün artmaktadır. Multidisipliner alanlardaki çalışmalar dünya çapında hız kazanırken Türkiye’de de Yüksek Öğretim Kurumu tarafından multidisipliner programlar desteklenmeye başlanmıştır. Tarım Bilimleri bitkisel ve hayvansal üretimin değişik konularından toprak, su, çevre vb. kaynakların korunması, ıslahı ve kullanımına kadar uzanan geniş bir çalışma alanına sahiptir.

Tarım alanındaki gelişmelerle birlikte ortaya çıkan yeni bilimsel yaklaşımların bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu kitabın, bilim dünyasına katkılar sunmasını ve gelecek çalışmalara kaynak olmasını temenni ediyoruz.

Bu kitap Tarım Bilimleri alanı başta olmak üzere bu alanla ortak çalışmalar gerçekleştiren tüm meslek disiplinlerini (Bahçe Bitkileri, Bitki Koruma, Peyzaj Mimarlığı, Tarım Ekonomisi, Tarla Bitkileri, Tarım Makinaları ve Teknolojisi Mühendisliği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Su Ürünleri, Zootekni, Biyoloji, Fizik, Eczacılık, Biyoteknoloji) kapsayacak şekilde derleme ve araştırma makalesi niteliğindeki çalışmalardan oluşturulmuştur.

“Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar IV” kitabına emek veren tüm akademisyenlerimize ve bu alanda araştırmalar yürütülen öğrencilerimize, mesleki deneyimleri ve destekleriyle kitabımıza katkı sağlayan değerli bilim insanı hocalarımıza yayınlanma aşamasında desteği ve emeği geçen İksad Yayınevi çalışanlarına teşekkür ederiz.

Editörler

Doç. Dr. Kübra YAZICI

Doç. Dr. Hülya DOĞAN

BÖLÜM 1

CANNABIS L. CİNSİNİN KARYOLOJİSİ, GENOMU VE ÖNEMLİ AKTİF BİLEŞENLERDEN SORUMLU GENLERİ

Prof. Dr. | Halil Erhan EROĞLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285866>

¹ Yozgat Bozok University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Yozgat, Türkiye, herhan.eroglu@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-4509-4712

1. TARİHÇE

Cannabis L. (kenevir) türlerinin yetiştirilmesinin kökeni çok açık olmamakla beraber arkeologlar ve tarihçiler, yetiştirilen ilk gıda dışı ürünlerden biri olduğu konusunda hemfikirdir. Cinsin kökeni, muhtemelen ılıman Orta Asya'dır. De Candolle (1886), bitkinin kökeninin Hazar Denizi ve Baykal Gölü arasındaki bir bölge olduğunu; Vavilov (1926), Altay Dağları çevresindeki bir bölgeden geldiğini; McPartland vd. (2000) ise güneyde Tien Shan Dağları olduğunu önermişlerdir. Çin kaynakları, Sarı nehirler ve Yangtze boyunca bir kökenden yana iken Hindistan kaynakları ise Himalayalar'ı önermektedir (CABI Digital Library, 2024).

Cannabis, kanabinoid içeriğine ve kullanımına göre lif türü (kenevir veya endüstriyel kenevir) ve uyuşturucu türü (tıbbi kenevir veya marijuana-esrar) olarak sınıflandırılabilir. Lif türü olanlar, %0.3'ten az Δ^9 -tetrahidrokanabinol içerirken uyuşturucu türü olanlar ise %0.3'ten fazla Δ^9 -tetrahidrokanabinol içerir. Her ikisi de uzun zamandan beri insanlar tarafından kullanılmaktadır (Srinivasababu, 2014). Kökeni Orta Asya olan kenevir, muhtemelen tüccarlar ve göçebeler vasıtasıyla Ortadoğu, Hindistan, Avrupa ve Asya'ya göç ederek güneye ve batıya yayılmıştır. Mısır'da, M.Ö 1000 yıllarından kalma mumyaların vücut dokularında kenevir varlığı tespit edilmiştir. Roma ve Yunan toplumlarında, kaba kumaş ve ip üretiminde kenevir kullanıldığına dair kanıtlar mevcutken uyuşturucu olarak tüketimi ile ilgili bir kaynak bulunmamaktadır. Arabistan ve Pers toplumunda ise muhtemelen uyuşturucu olarak kullanılmıştır, çünkü "*esrar*" Arapça kökenli bir terimdir ve "*kuru zevk otu*" anlamına gelen "*hashish al kief*" kelimesinden alınmıştır (Çizelge 1). Bitkinin uyuşturucu amaçlı kullanımına dair ilk kayıtlar İskitler'e dayanmaktadır (Shuckburgh, 2012).

Cinsin taksonomik sınıflandırması aşağıda verilmiştir.

Alem: Plantae
 Şube: Spermatophyta
 Altşube: Angiospermae
 Sınıf: Dicotyledonae
 Takım: Urticales
 Familya: Cannabaceae
 Cins: *Cannabis*

Çizelge 1: CABI Digital Library’ e göre cinsin uluslararası ve yerel yaygın isimleri.

Uluslararası Yaygın İsimleri	Yerel Yaygın İsimleri
Marijuana (İngilizce)	Maconha (Brezilya)
Canamosinsemilla (İpanyolca)	Hanf (Almanya)
Chanvre (Fransızca)	Kender (Macaristan)
Konoplya (Rusça)	Charağanja (Hindistan)
Hashish, kannab (Arapça)	Canapa (İtalya)
Ma fen, ta ma (Çince)	Asa (Japonya)
Canhamo (Portekizce)	Shennep (Hollanda)
	Kenop (Polonya)
	Dagga (Güney Afrika)
	Hampa (İsveç)

2. FAMILYA: CANNABACEAE

Cannabaceae familyası şu anda *Cannabis* ve *Humulus* cinslerinin yanı sıra daha önce Celtidaceae familyasına dahil olan sekiz cinsten oluşmaktadır: *Aphananthe* Link, *Chaetachme* Planch., *Celtis* L., *Gironniera* Gaudich, *Lozanella* Greenm., *Pteroceltis* Maxim., *Parasponia* Miq. ve *Trema* Lour. (Angiosperm Phylogeny Group, 2003). Bazı botanikçiler *Parasponia* ve *Trema* cinslerini birleştirmelerine rağmen *Parasponia* türlerinin rizobiyal bakterilerle simbiyoz halinde benzersiz bir şekilde nitrojen sabitleyen nodüller oluşturmaları bir ayırım sağlar. Bu özellik yalnızca baklagillerde bulunur. *Cannabis* de dahil diğer Cannabaceae türleri ise arbusküler mikorizal mantarlarla simbiyotik birliktelik oluşturmaktadır (McPartland and Cubeta, 1997). Karakteristik özellikleri aşağıda verilen Cannabaceae familyasının şu anda yaklaşık 170 türü bulunmaktadır (McPartland, 2018).

Lateks içermeyen tek yıllık veya çok bitkiler; gövdeler dik veya eğik, skabroz ya da sert tırmanıcı tüylerle kaplı ve sıklıkla glandular trikomlarla kaplı. Yapraklar bileşik palmat veya loblu, bazen basit, petiyolat, serrat, genellikle dekussat, gövdenin tepesine yakın sıklıkla alternat; stipüller üçgen şeklinde, bazen yanal olarak kaynaşmış, kalıcı. Bitkiler iki evcikli, nadiren tek evcikli, vejetatif olarak dimorfik veya değil. Erkek çiçekler brakteli; staminat

çiçekler saplı, düzenli, tepaller 5 ayrı; stamenler 5, antitepal, tomurcuk halinde dik; anterler uzunlamasına açılmış tetrasporangiat; dişi çiçek salkımları temel olarak kimoza, spikat; çiçek örtüsü olgunlaştığında yumurtalığa sıkıca bastırılmış tek sıralı; yumurtalık iki karpelli, süperior, tek gözlü; stil dalları 2, filiform. Meyve periant ile kaplı aken, Tohum 1, endosperm seyrek, etli; embriyo kavisi spiral olarak kıvrık (Kubitzki, 1993).

3. CİNS: *CANNABIS*

Cannabis cinsi, monoik (tek evcikli) veya dioik (iki evcikli) bitkilerden oluşur. Özellikle Avrupa'da tek evcikli çeşitler yetiştirilmiş olmasına rağmen, genellikle iki evciklidir. İki evcikli bir popülasyonda, dişi ve erkek bitkilerin sayısı aşağı yukarı eşittir. Dişi bitkiler, erkek bitkilere göre 3 ile 5 hafta daha fazla yaşar (CABI Digital Library, 2024). Cinsin diğer karakteristik aşağıda verilmiştir.

Tek yıllık bitkiler, 1-5 m uzunluğunda; tohum yuvarlak, hemen hemen lens şeklinde, tabanı yuvarlak ve yüzeyi yeşil-kahverengi ile ebruli veya gri, tabanda tabaka yok veya absiyon tabakası, 1.5×4 mm boyutlarında; genç fideler etli, sapsız ovalımsı; kotiledonlar tırtıklı, uzun mızrak şeklinde, alt yüzeyi beyazımsı-yeşil, üst yüzeyi koyu yeşil ilk yapraklarla; ilk gerçek yapraklar tek yaprakçık, ikinci yaprak çifti üç yaprakçıktan, üçüncü yaprak çifti beş yaprakçıktan oluşur ve on bir yaprakçığa kadar, gelişmiş yapraklar bileşik palmat, genellikle reçineli glandüler yoğun tüylü; gövde dallanmaz ve olgunlaştığında içi boş, yüzeyi oluklu veya çıkıntılı, ince kabuklu sistolit trikom tabakalı; kökler kuvvetli; çiçeklenme oppositen alternata doğru, bitki bu aşamada aromatik, meyve tohumu sıkıca saran parlak aken şeklinde, desenli veya sade, gri-kahverengi, elipsoid, $2-6 \times 2-4$ mm boyutlarında; lifler demetler halinde, demet başına 10-40 hücre, hücreler 7.5 cm uzunluğunda ve $10 \mu\text{m}$ genişliğinde bast veya floem hücreleri (Schultes vd., 1974; Small ve Cronquist, 1976; McPartland vd., 2000; CABI Digital Library, 2024).

Cinsin hem yerel hem de bilimsel isimlendirilmesi oldukça karmaşıktır. Genellikle *sativa*, *indica* ve *ruderalis* türleri ve alt kategorileri üzerinde şekillenmiş bir isimlendirme mevcuttur ve aslında üçü de *Cannabis sativa*'nın (Şekil 1) çeşitleridir (McPartland, 2018). Tablo 2'de, Uluslararası Bitki İsimleri Endeksi'ne göre (IPNI, 2024) türlerin bilimsel isimleri ve author bilgileri verilmiştir.

Çizelge 2: *Cannabis* cinsinin bilimsel isimleri.

Takson
<i>Cannabis americana</i> Pharm. ex Wehmer
<i>Cannabis chinensis</i> Delile
<i>Cannabis erratica</i> Siev.
<i>Cannabis foetens</i> Gilib.
<i>Cannabis generalis</i> E.H.L.Krause
<i>Cannabis gigantea</i> Crevost
<i>Cannabis indica</i> Lam.
<i>Cannabis kafiristanica</i> (Vav.) Chrtk
<i>Cannabis lupulus</i> (L.) Scop.
<i>Cannabis macrosperma</i> Stokes
<i>Cannabis ruderalis</i> Janisch.
<i>Cannabis sativa</i> L.
<i>Cannabis sativa</i> var. <i>afghanica</i> (Vavilov) McPartl. & E.Small
<i>Cannabis sativa</i> var. <i>indica</i> (Lam.) Wehmer
<i>Cannabis sativa</i> subsp. <i>indica</i> (Lam.) E.Small & Cronquist
<i>Cannabis sativa</i> subsp. <i>intersita</i> (Soják) Soják
<i>Cannabis sativa</i> var. <i>kafiristanica</i> (Vavilov) E.Small & Cronquist
<i>Cannabis sativa</i> var. <i>ruderalis</i> (Janisch.) S.Z.Liou
<i>Cannabis sativa</i> subsp. <i>spontanea</i> (Czer.) Serebr.

Cannabis yıllık ortalama 970 mm yağış alan bölgelerde, parlak güneş ışığında, pH değeri 6.5 olan toprakta ve ortalama 14.3°C'de optimum büyüme ve gelişme gösterir. Geniş ve güçlü bir kök sistemi bulunduğu için kuru koşulları da tolere edebilir. Doymuş toprak ve sulak alanlarda zayıf gelişme gösterir. Çiçeklenme zamanı, fotoperiyodun bitki çeşidine ve lokasyona (enlemlere) bağlı olarak günlük 12 saatin altına düştüğü sonbahar mevsimidir. Büyüme periyodu, enlemlere bağlı olarak 2 ile 10 ay arasında değişkenlik gösterir (Lydon vd., 1987; McPartland vd., 2000; Duke, 2002). Ekvator enleminden (0°) Finlandiya, İsveç, Norveç gibi kutuplara yakın enlemlere kadar (63°) gelişir. Lif amaçlı kenevir çeşitleri, 40 ile 55° arası enlemlerde

optimum büyüme ve gelişme gösterirken yarı tropik ve tropik daha düşük enlemlerde zayıf gelişim gösterir. İlaç amaçlı kenevir çeşitleri ise yarı tropik ve tropik düşük enlemlerde optimum büyüme ve gelişme gösterirken yüksek enlemlerde (45° ve üzeri) zayıf gelişim gösterir (CABI Digital Library, 2024). *Cannabis*, yüksek organik madde oranına sahip besin açısından zengin, siltli ve tınlı topraklarda iyi büyüme ve gelişme gösterir. Nitrofil olduğundan (nitrat bakımından zengin habitatları tercih eden) besin açısından zengin toprak ihtiyacı vardır. Özellikle kenevir gibi lif bitkilerinin, yüksek oranda azot ve potasyum ve daha sonra azalan sırada kalsiyum, fosfor ve magnezyum ihtiyacı ön plandadır (Frank ve Rosenthal, 1978).



Şekil 1: *Cannabis sativa*. Resim Yozgat Bozok Üniversitesi'nden alınmıştır.
<https://bozok.edu.tr/okul/kenevir-arastirma-enstitusu/sayfa/fotograf-galerisi/12079>

4. KARYOLOJİK ÖZELLİKLER

Bitki sitotaksonomisinde kullanılan önemli karyolojik karakterler; kromozom sayıları [diploid kromozom sayısı ($2n$) ve temel kromozom sayısı (x)], kromozomal uzunluklar [kısa kol uzunluğu (p), kısa kol uzunluğu (q), toplam kromozom uzunluğu ($p + q$), relatif uzunluk, toplam haploid uzunluk ve ortalama haploid uzunluk], karyotip formülü (KF), sentromerik indeks (CI), kromozom sayı varyasyonları (disploidi ve poliploidi), kromozom yapı varyasyonları (translokasyon, inversiyon ve delesyon), karyotip asimetrisi (intrakromozomal ve interkromozomal asimetri) parametreleridir (Eroğlu, 2015; Baltisberger ve Hörandl, 2016). *Cannabis* cinsinin karyolojik özellikleri aşağıda başlıklar halinde özetlenmiştir.

4.1. Diploid Kromozom Sayısı ($2n$)

Bir hücredeki iki tam kromozom seti diploid kromozom sayısını verir. *Cannabis* cinsinin literatürde yer alan kromozom sayısı raporları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3: *Cannabis* cinsinde rapor edilmiş diploid kromozom sayıları.

Takson	$2n$	Kaynak
<i>Cannabis ruderalis</i>	20	Krasnikov ve Schauilo, 1990 Stepanov ve Muratova, 1995
<i>Cannabis sativa</i>	20	Moteg, 1968 Bir ve Sidhu, 1980 Sakamoto vd., 1998 Stoian vd., 1998 Zhang, 1998a Zhang, 1998b Srivastava vd., 1999 Divashuk vd., 2014 Razumova vd., 2016 Braich vd., 2019
	40	Moteg, 1968
	80	Moteg, 1968
	20	Murin ve Svobodova, 1992
<i>Cannabis sativa</i> subsp. <i>spontanea</i>	20	Murin ve Svobodova, 1992

Tabloya göre, $2n = 20$, 40 ve 80 şeklinde üç farklı diploid kromozom sayısı rapor edilmiştir. *Cannabis indica* ile ilgili herhangi bir kromozomal kayıt bulunmazken *Cannabis rudealis*'in diploid kromozom sayısı $2n = 20$ 'dir (Krasnikov ve Schaulo, 1990; Stepanov ve Muratova, 1995). *Cannabis sativa*'da ise çoğunlukla $2n = 20$ sayısı tespit edilmesine rağmen (Moteg, 1968; Bir ve Sidhu, 1980; Sakamoto vd., 1998; Stoian vd., 1998; Zhang, 1998a; Zhang, 1998b; Srivastava vd., 1999; Divashuk, vd., 2014; Razumova vd., 2016; Braich vd., 2019), $2n = 40$ ve 80 gibi diploid sayı varyasyonları da bulunmaktadır (Moteg, 1968). Alttür düzeyinde sadece tek bir çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmada *Cannabis sativa* subsp. *spontanea*'nın kromozom sayısı $2n = 20$ olarak tespit edilmiştir (Murin ve Svobodova, 1992).

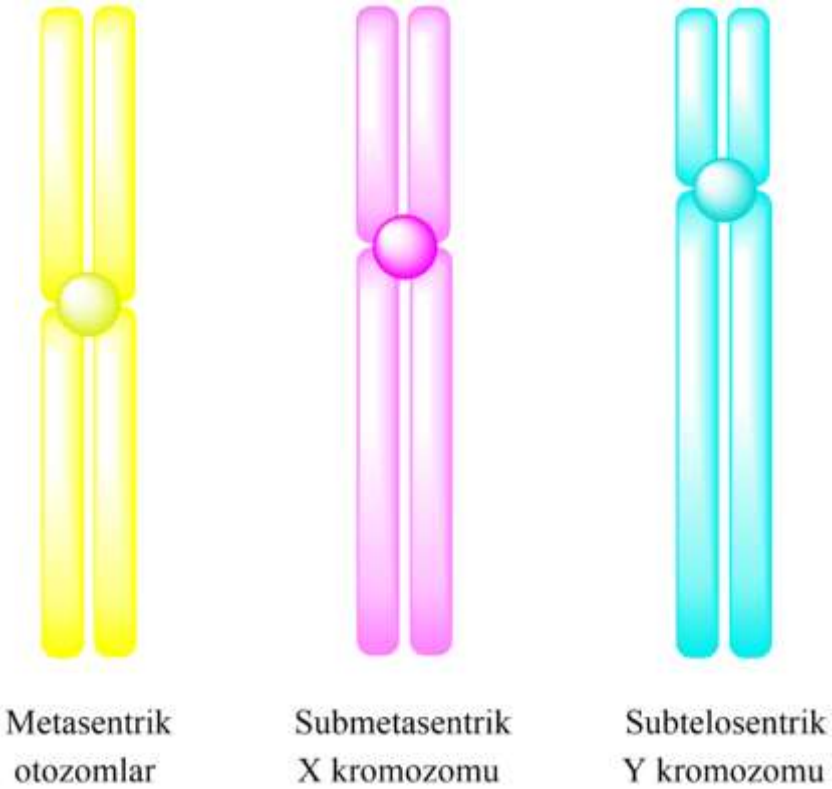
4.2. Temel Kromozom Sayısı (x) ve Poliploidi

Tablo 3'teki $2n = 20$, 40 ve 80 diploid kromozom sayılarına göre *Cannabis* cinsinde temel kromozom sayısı $x = 10$ 'dur. *Cannabis rudealis* ve *Cannabis sativa* subsp. *spontanea*, $2x$ ploidy seviyesi ile diploid taksonlardır (Krasnikov ve Schaulo, 1990; Murin ve Svobodova, 1992; Stepanov ve Muratova, 1995). *Cannabis sativa* ise $2x$, $4x$, $8x$ ploidy seviyeleri ile diploid, tetraploid ve heksaploid durum gösterir (Moteg, 1968; Bir ve Sidhu, 1980; Sakamoto vd., 1998; Stoian vd., 1998; Zhang, 1998a; Zhang, 1998b; Srivastava vd., 1999; Divashuk, vd., 2014; Razumova vd., 2016; Braich vd., 2019). Cins, Ekvator enleminden (0°) kutuplara yakın enlemlere kadar (63°) oldukça farklı habitatlarda gelişme gösterdiğinden, çeşitli düzeylerde morfolojik ve genetik varyasyonlar göstermesi de normaldir.

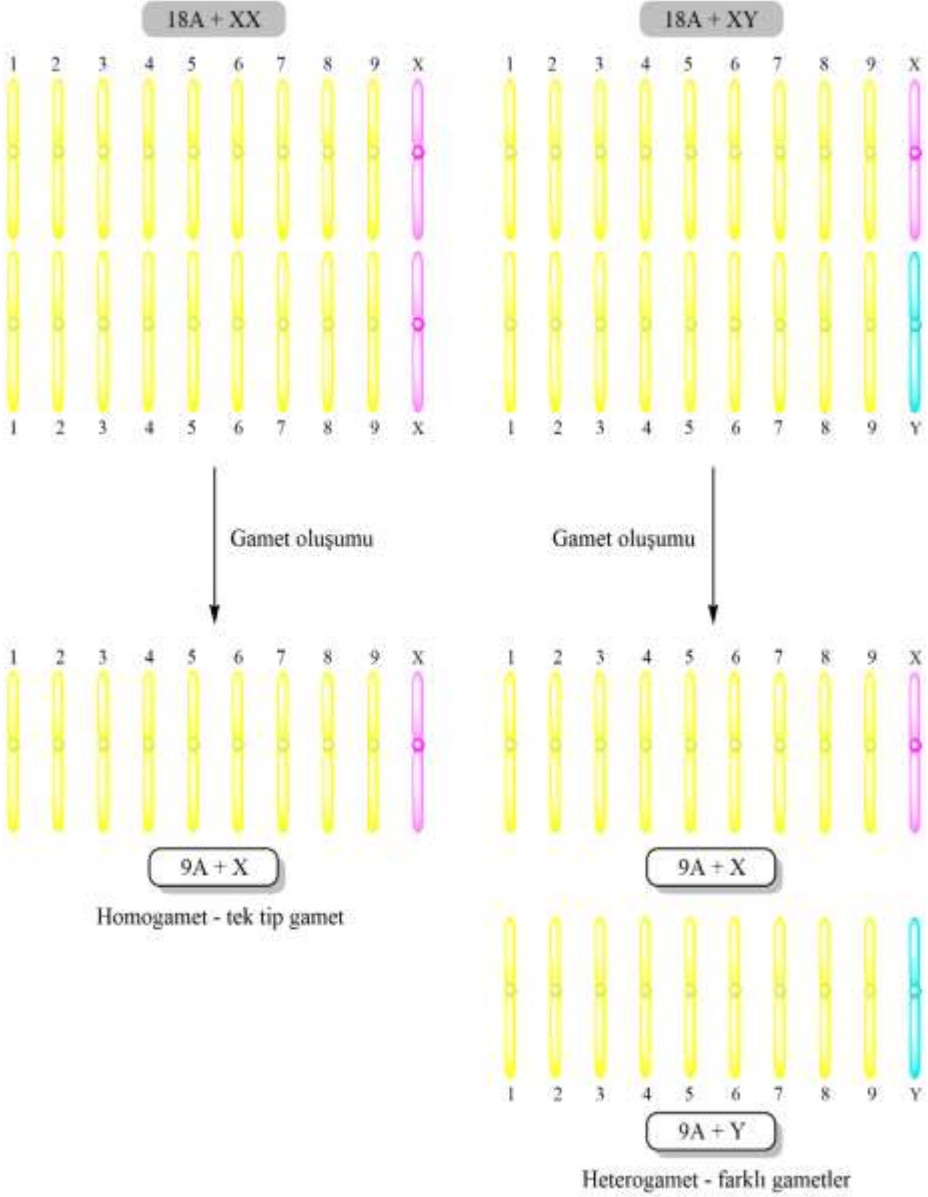
4.3. Karyotip Formülü ve Eşey Sistemi

Cannabis cinsi, metasentrik ve submetasentrik kromozomlardan oluşan $2n = 20 = 18m + 2sm$ karyotip formülüne sahiptir (Srivastava vd., 1999; Divashuk, vd., 2014). Sakamoto vd. (1999)'ne göre submetasentrik çift kısa kolun sonunda kısa bir satellite sahip X kromozomu iken Y kromozomu ise kısa kolunun terminalinde satellit bulunan subtelosentrik bir kromozomdur. Tek evcikli çeşitlerin karyotipleme, Y kromozomunun eksikliğini ortaya çıkarmakta ve $2n = 20 = 18m + 2sm$ karyotip formülüne sahip XX cinsiyet kromozom modelini ortaya koymaktadır (Divashuk vd., 2014).

Genus *Cannabis* karyotipi, dokuz çift otozomal kromozom ve bir çift eşey kromozomundan oluşur. Eşey kromozomları X ve Y kromozomlarıdır ve *Cannabis* cinsinde üç farklı kromozom tipi bulunur. Metasentrik tipte otozomal kromozomlar, submetasentrik tipte X-kromozomu ve varsa subtelosentrik tipte Y-kromozomu (Şekil 2). XX karyotipi (homomorfik karyotip) homogametik dişi bitkilerde, XY karyotipi (heteromorfik karyotip) ise heterogametik erkek bitkilerde bulunur (Şekil 3) (Sakamoto vd., 1998; Divashuk vd., 2014; Razumova vd., 2016).



Şekil 2: Genus *Cannabis* karyotiplerinde bulunan kromozom tipleri. Otozomal kromozomlar metasentrik tiptedir. Sentromer merkezi konumlu ve uzun kol kısa kol oranı (q/p) 1.0-1.7 arasındadır. X-kromozomu submetasentrik tiptedir. Sentromer merkezden biraz kayma gösterir ve kol oranı 1.7-3.0 arasındadır. En büyük kromozom olarak bilinen Y-kromozomu ise subtelosentrik tiptedir. Sentromer bir uca yakın ve kol oranı ise 3.0-7.0 arasındadır.



Şekil 3: Solda $2n = 20 = 18A + XX$ karyotipine sahip homogametik eşeyin, sağda ise $2n = 20 = 18A + XY$ karyotipine sahip heterogametik eşeyin gamet oluşumunun şematik görünümü. Homogametik eşey, otozomlar ve homolog X kromozomlarının gametlere eşit dağılımları nedeniyle tek tip gamet oluşturur. Heterogametik eşeyde ise otozomlar gametlere eşit dağılımlarına rağmen homolog olmayan X ve Y kromozomları nedeniyle farklı tipte gametler meydana gelir.

Eşey belirleme sistemi olarak X kromozomu otozomal kromozom oranı (X/A) kullanılır (Shephard vd., 2000; Vyskot ve Hobza, 2004). Karyotip XX olduğu zaman ortaya çıkan $2X/2A = 1.0$ oranı dişi bitkilerin, karyotip XY olduğu zaman ortaya çıkan $X/2A = 0.5$ oranı ise erkek bitkilerin oranıdır (Westergaard, 1958; Parker ve Clark, 1991; Ming vd., 2011). Eşey belirleme sistemi ve genetik yapının yanı sıra çevresel faktörlerde eşeyssel ifadeyi etkiler ve eşeyssel fenotipin esnekliği genetik olarak dişi veya erkek bitkilerde hermafrodit çiçeklerin farklılaşmasına yol açar (Moliterni vd., 2004; Truta vd., 2007).

5. GENOM YAPISI

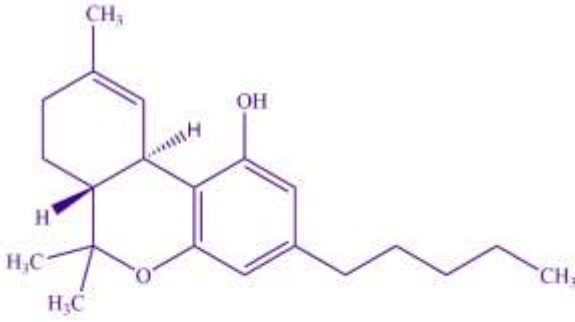
Cannabis cinsinde eşeyin X kromozomu otozomal kromozom oranına göre belirlendiğinden ve cinsin otozomlar yanında bir çift cinsiyet kromozomuna (X veY) sahip olduğundan karyoloji başlığında detaylı olarak değinilmişti. Dişi ve erkek bitkilerin genom boyutları farklılık gösterir ve bu farklılığın Y kromozomunun büyük uzun kolundan kaynaklandığı rapor edilmiştir (Sakamoto vd., 1998; Divashuk vd., 2014). Subtelosentrik Y kromozomunun daha büyük boyutu nedeniyle haploid genomun tahmini boyutu dişi bitkiler için 818 Mbp ve erkek bitkiler için 842 Mbp'dir. Nükleer DNA içeriğindeki 24 Mbp haploid genom farklılığı, erkek bitkilerin toplam genom boyutunun yaklaşık %2.8'ine karşılık gelmektedir ve bunun Y kromozomunun büyük uzun kolundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Sakamoto vd., 1998). Kubešová vd. (2010), haploid genomun tahmini boyutunu dişi bitkiler için 0.84 pg (822 Mbp) ve erkek bitkiler için 0.91 pg (890 Mbp) olarak rapor etmişlerdir. Fauk vd. (2014), haploid genomun tahmini boyutunu dişi bitkiler için 0.89-0.91 pg (870-890 Mpb) ve erkek bitkiler için 0.91-0.94 pg (890-919 Mbp) olarak rapor etmişlerdir. Bu çalışma, tek evcikli bitkilerin genom boyutunun dişilerle aynı olduğunu ancak erkeklerinkinden önemli ölçüde daha küçük olduğunu ortaya çıkardı. Bu dolaylı kanıt, tek evcikli kenevir çeşitlerinin muhtemelen XX cinsiyet kromozomlarına sahip olma olasılığını desteklemektedir.

Bununla birlikte, yukarıda boyutları verilen genomlar klonlanmış *Cannabis sativa* içindir, yaklaşık 786 Mbp'lik bir genom elde etmek için SOAPdenovo yazılımı kullanılarak birleştirilmiştir ve genom açıklamaları da eksiktir (Van Bakel vd., 2011). Ayrıca gen bölgelerinin ve tekrar dizilerinin

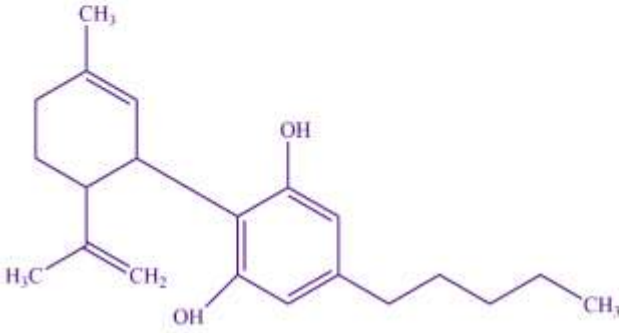
tamamlanmamış birleşimini içerdiğinden genom birleştirme kalitesi de zayıftır (Gao vd., 2020). Braich vd. (2020), uzun-okuma sekanslama kullanarak dengeli bir kannabidiol ve delta-9-tetrahidrokannabinol oranı üreten tıbbi kenevir türü olan Cannbio-2'den yeni bir kapsamlı taslak genom dizisi düzeneği (~900 Mbp) üretmişlerdir. Düzenek, bir referans genom birleştirme yaklaşımı kullanılarak bitişiklerin kromozom ölçekli psödomoleküller halinde sıralanmasıyla bütünlük açısından analiz edilmiş ve açıklama eklenerek diğer referans genom düzenekleriyle karşılaştırılmıştır. Oluşturulan genom düzeneğinin boyutu (903 Mbp), akış sitometrisi kullanılarak tahmin edilen *Cannabis* genom boyutundan (818 Mbp) (Sakamoto vd., 1998) daha büyüktür. Genom boyutundaki farklılıklar muhtemelen kenevir ve tıbbi kenevir türü arasındaki genom farklılıklarından veya insersiyon, inversiyon ve tandem tekrarları gibi potansiyel haploid duplikasyonlardan veya bitişikleri psödomoleküllere yönlendirmek ve sıralamak için farklı bir katılımın kullanılmasından kaynaklanabilir (Braich vd., 2020).

6. ÖNEMLİ AKTİF BİLEŞENLER VE SORUMLU GENLER

Cannabis cinsinin tıbbi özellikleri, kannabinoidler olarak bilinen ve ilaç yapımında da birincil aktif bileşen olan terpenofenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, yapraklı dişi çiçeklerin yüzeyinde yoğun olarak bulunan özel yaprak salgı tüylerinde sentezlenir. Salgı bezlerinin üst kısmı salgı hücrelerinden oluşur ve bunlar sert fakat gerilebilir bir kılıfla kaplıdır. Kannabinoid, flavonoid ve terpenoid salgıların salgılanması ile kılıf, 120 µm çapa kadar ulaşabilen küresel bir kafa şeklinde şişer (CABI Digital Library, 2024). Kannabinoidler, tipik C₂₁ terpenofenolik yapı sergilemeleri nedeniyle bu şekilde adlandırılırlar (De Meijer, 2014). Bugüne kadar, tetrahidrokannabinol (THC) (Şekil 4a), kannabidiol (CBD) (Şekil 4b), kannabigerol (CBG), kannabikromen (CBC) ve bunların propil homologları da dahil 120'den fazla kannabinoid tanımlanmıştır (Radwan vd., 2009; de Meijer, 2014).



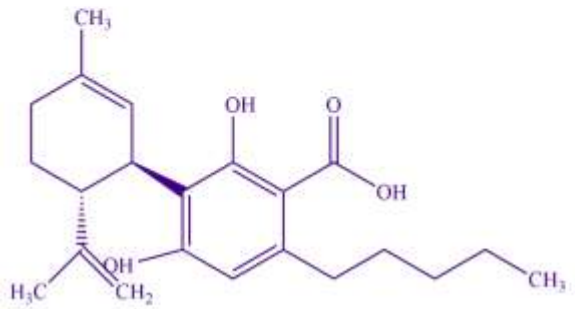
(a) THC



(b) CBD



(c) THCA



(d) CBDA

Şekil 4: Önemli bazı kannabinoidler ve kimyasal yapıları.

En yaygın kannabinoidlerden ikisi, kenevir çeşitlerinde değişken oranlarda bulunan ve kannabinoidlerin asidik formları olan tetrahidrokannabinolik asit (THCA) (Şekil 4c) ve kannabidiolik asittir (CBDA) (Şekil 4d) ve bunlar, bitki içerisinde önemli miktarlarda bulunurlar (De Meijer vd. 2009; Swift vd., 2013).

Δ^9 -tetrahidrokannabinol (Δ^9 -THC), terapötik ve halüsinojenik etkilerden sorumlu olan ana psikoaktif kannabinoid olmasından dolayı kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Brenneisen vd., 1996; Sirikantaramas vd., 2007). CBG, *Cannabis*'den saf formda izole edilen ilk bileşiktir ve fitokannabinoidlerin çoğunun ara öncüsü olarak kabul edilir (Singh vd., 2021).

Başlıca kannabinoidlerin biyosentezinden sorumlu üç oksidosiklaz enzimi bulunmaktadır: tetrahidrokannabinolik asit sentaz (THCAS), kannabidiolik asit sentaz (CBDAS) ve kannabikromenik asit sentaz (CBCAS) (Singh vd., 2021).

THCAS, farmakolojik aktiviteye sahip, kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde rol oynayan oksidoredüktaz enzimidir. Kannabigerolik asitteki (CBGA) monoterpen kısmının oksidatif siklizasyonunu katalize ederek ilaç tipi-*Cannabis* bitkilerindeki başlıca kannabioid olan THCA üretir (Uniprot, 2024). **THCAS geni**, *p*-krezol metilhidroksilaz süper ailesine ait, 24 amino asitlik sinyal peptidi olmak üzere toplam 545 amino asitten oluşan bir polipeptid zincirini kodlayan 1635 nükleotidden oluşan tek bir ekzon genidir (Quimby vd., 1973).

CBDAS, farmakolojik aktiviteye sahip, kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde rol oynayan oksidoredüktaz enzimidir. CBGA'daki monoterpen kısmının stereoselektif oksidatif siklizasyonunu katalize ederek, lif tipi-*Cannabis* bitkilerindeki başlıca kannabioid olan CBDA üretir (Uniprot, 2024). **CBDAS geni**, 24 amino asitlik sinyal peptidi olmak üzere 516 amino asitten oluşan bir polipeptid zincirini kodlayan 1548 nükleotidden oluşan tek bir ekzon genidir (Shoyama vd., 2012).

CBCAS, farmakolojik aktiviteye sahip, kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde rol oynayan oksidoredüktaz enzimidir. Anti-inflamatuar, antifungal ve antimikrobiyal etkiler sergileyen kannabikromenik asit (CBCA) üreten CBGA'daki monoterpen kısmının

oksidatif siklizasyonunu katalize eder. **CBCAS geni**, 28 amino asitlik sinyal peptidi olmak üzere toplam 545 amino asitten oluşan bir polipeptid zincirini kodlayan 1635 nükleotidden oluşan tek bir ekzon genidir (Uniprot, 2024).

Kannabinoid sentezinde görev alan bu enzimler arasında yüksek dizi benzerliği bulunmaktadır. Örneğin THCAS ve CBDAS enzimleri, amino asit düzeyinde %84 oranında özdeş iken THCAS ve CBCAS yaklaşık %96 benzerlik gösterir (Taura vd., 2007; Laverty vd., 2019). Yüksek düzeydeki dizi benzerliği, genlerin belirli bir süre boyunca ortak bir atadan evrimleştiğini göstermektedir (Taura vd., 2007). THCAS geninin CBDAS geninden gen duplikasyonu yoluyla evrimleştiği ileri sürülmüştür (Taura vd., 2007; Shoyama vd., 2012; Onofri vd., 2015). Kannabinoidlerin biyosentezinden sorumlu bu üç temel genden bahsettikten sonra önemli bazı sentez gen örnekleri ile konu bitirilecektir.

OAC geni, farmakolojik aktiviteye sahip kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde rol oynar (Uniprot, 2024).

AAE1 geni, farmakolojik aktiviteye sahip kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde yer alır. Heksanoik asidin kannabinoid yolunun öncüsü olan heksanoil-CoA'ya dönüşümünü katalize eden asil aktive edici enzimdir (Uniprot, 2024).

OLS geni, farmakolojik aktiviteye sahip kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde yer alır. Poliketid sentaz, bir C12-poliketidden (muhtemelen 3,5,7-trioksoodekanoil-CoA) olivetol biyosentezi için sorumludur. Kannabinoidlerin biyosentetik yolundaki ilk adımı katalize eder. Tercih edilen substrat heksanoil-CoA'dır, ancak aynı zamanda C4 ila C8 alifatik yan zincirlere sahip CoA esterlerini de kabul eder (Uniprot, 2024).

GOT geni, farmakolojik aktiviteye sahip kannabinoidlerle ilişkili terpenofenolik doğal ürünlerin biyosentezinde rol oynayan aromatik preniltransferaz. CBGA üretmek için geranil difosfatın (GDP, GPP) olivetolata transferini katalize eder (Uniprot, 2024).

TPS1 geni, monoterpen (C10) olefin biyosentezinde rol oynar (Uniprot, 2024).

CHS geni, substrat olarak izovaleril-CoA, izobutiril-CoA veya heksanoil-CoA'yı da kullanabilen, ancak olivetol veya olivetolik asit üretemeyen kalkon sentaz (Uniprot, 2024).

KAYNAKÇA

- Angiosperm Phylogeny Group. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, 399-436.
- Baltsberger, M., Hörandl, E. (2016). Karyotype evolution supports the molecular phylogeny in the genus *Ranunculus* (Ranunculaceae). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 18, 1-14.
- Bir, S. S., Sidhu, M. (1980). Cyto-palynological studies on weed flora of cultivable lands of Patiala district (Punjab). *Journal of Palynology*, 16, 85-105.
- Braich, S., Baillie, R. C., Jewell, L. S., Spangenberg, G. C., Cogan, N. O. I. (2019). Generation of a comprehensive transcriptome atlas and transcriptome dynamics in medicinal *Cannabis*. *Scientific Reports*, 9, 1-12.
- Brenneisen, R., Egli, A., Elsohly, M., Henn, V., Spiess, Y. (1996). The effect of orally and rectally administered delta 9-tetrahydrocannabinol on spasticity: a pilot study with 2 patients. *International Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 34(10), 446-452.
- CABI Digital Library. (2024). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.14497>.
- De Candolle, A. (1886). The origin of cultivated plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- De Meijer, E. P. (2014). The chemical phenotypes (chemotypes) of *Cannabis*. In: Pertwee, R. G. (eds). *Handbook of Cannabis*. Handbooks in Psychopharmacology. Oxford University Press, Oxford.
- De Meijer, E. P., Hammond, K. M., Sutton, A. (2009). The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. (IV): cannabinoid-free plants. *Euphytica*, 168(1), 95-112.
- Divashuk, M. G., Alexandrov, O. S., Razumova, O. V., Kirov, I. V., Karlov, G. I. (2014). Molecular cytogenetic characterization of the dioecious *Cannabis sativa* with an XY chromosome sex determination system. *PLoS One*, 9(1), e85118.
- Duke, J. A. (2002). *Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press, Boca Raton.
- Eroğlu, H. E. (2015). Which chromosomes are subtelocentric or acrocentric? A new karyotype symmetry/asymmetry index. *Caryologia*, 68(3), 239-245.
- Faux, A. M., Berhin, A., Dauguet, N., Bertin, P. (2014). Sex chromosomes and quantitative sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Euphytica*, 196(2), 183-197.

- Frank, M., Rosenthal, E. (1978). Marijuana Grower's Guide. And/Or Press, San Francisco.
- Gao, S., Wang, B., Xie, S., Xu, X., Zhang, J., Pei, L., Yu, Y., Yang, W., Zhang, Y. (2020). A high-quality reference genome of wild *Cannabis sativa*. *Horticulture Research*, 7, 73.
- IPNI, International Plant Names Index. (2024). <https://www.ipni.org/?q=cannabis>.
- Krasnikov, A. A., Schaulo, D. N. (1990). Chromosome numbers in representatives of some families of vascular plants in the flora of the Novosibirsk region. II. *Botanicheskii Zhurnal (Moscow & Leningrad)*, 75, 118-120.
- Kubešová, M., Moravcová, L., Suda, J., Jarošík, V., Pyšek, P. (2010). Naturalized plants have smaller genomes than their non-invading relatives: a flow cytometric analysis of the Czech alien flora. *Preslia*, 82, 81-96.
- Kubitzki, K. (1993). Cannabaceae. In: Kubitzki, K., Rohwer, J. G., Bittrich, V. (eds). Flowering Plants Dicotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lavery, K. U., Stout, J. M., Sullivan, M. J., Shah, H., Gill, N., Holbrook, L., Deikus, G., Sebra, R., Hughes, T. R., Page, J. E., van Bakel, H. (2019). A physical and genetic map of *Cannabis sativa* identifies extensive rearrangements at the THC/CBD acid synthase loci. *Genome Research*, 29(1), 146-156.
- Lydon, J., Teramura, A. H., Coffman, C. B. (1987). UV-B radiation effects on photosynthesis, growth and cannabinoid production of two *Cannabis sativa* chemotypes. *Photochemistry & Photobiology*, 46, 201-206.
- McPartland, J. M. (2018). *Cannabis* systematics at the levels of family, genus, and species. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 3(1), 203-212.
- McPartland, J. M., Clarke, R. C., Watson, D. P. (2000). Hemp Diseases and Pests: Management and Biological Control. CABI Publishing, Wallingford.
- McPartland, J. M., Cubeta, M. A. (1997). New species, combinations, host associations and location records of fungi associated with hemp (*Cannabis sativa*). *Mycological Research*, 101, 853-857.
- Ming, R., Bendahmane, A., Renner, S. S. (2011). Sex chromosomes in land plants. *Annual Review of Plant Biology*, 62, 485-514.
- Moliterni, V. M. C., Cattivelli, L., Ranalli, P., Mandolino, G. (2004). The sexual differentiation of *Cannabis sativa* L.: a morphological and molecular study. *Euphytica*, 140, 95-106.
- Moteg, I. T. (1968). On the culture of leaf callus tissue of *Cannabis sativa*. *Kromosomo*, 74, 2406-2414.

- Murín, A., Svobodová Z. (1992). Karyological study of the Slovak flora XXVI. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Botanica*, 39, 59-65.
- Parker, J. S., Clark, M. S. (1991). Dosage sex-chromosome systems in plants. *Plant Science*, 80, 79-92.
- Onofri, C., de Meijer, E. P., Mandolino, G. (2015). Sequence heterogeneity of cannabidiolic- and tetrahydrocannabinolic acid-synthase in *Cannabis sativa* L. and its relationship with chemical phenotype. *Phytochemistry*, 116, 57-68.
- Quimby, M. W., Doorenbos, N. J., Turner, C. E., Masoud, A. (1973). Mississippi-grown marihuana: *Cannabis sativa* cultivation and observed morphological variations. *Economic Botany*, 27, 117-127.
- Radwan, M. M., ElSohly, M. A., Slade, D., Ahmed, S. A., Khan, I. A., Ross, S. A. (2009). Biologically active cannabinoids from high-potency *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products*, 72(5), 906-911.
- Razumova, O. V., Alexandrov, O. S., Divashuk, M. G., Sukhorada, T. I., Karlov, G.I. (2016). Molecular cytogenetic analysis of monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars reveals its karyotype variations and sex chromosomes constitution. *Protoplasma*, 253(3), 895-901.
- Sakamoto, K., Akiyama, Y., Fukui, K., Kamada, H., Satoh, S. (1998). Characterization: genome sizes and morphology of sex chromosomes in Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Cytologia*, 63, 459-464.
- Schultes, R. E., Klein, W. M., Plowman, T., Lockwood, T. E. (1974). *Cannabis*: an example of taxonomic neglect. *Harvard University Botanical Museum Leaflets*, 23, 337-367.
- Shephard, H. L., Parker, J. S., Darby, P., Ainsworth, C. C. (2000). Sexual development and sex chromosomes in hop. *New Phytologist*, 148, 397-411.
- Shoyama, Y., Tamada, T., Kurihara, K., Takeuchi, A., Taura, F., Arai, S., Blaber, M., Shoyama, Y., Morimoto, S., Kuroki, R. (2012). Structure and function of Δ^1 -tetrahydrocannabinolic acid (THCA) synthase, the enzyme controlling the psychoactivity of *Cannabis sativa*. *Journal of Molecular Biology*, 423(1), 96-105.
- Shuckburgh, E. S. (2012). Herodotos; 4: Melpomene (Classic Reprint). Forgotten Books.
- Singh, A., Bilichak, A., Kovalchuk, I. (2021). The genetics of *Cannabis*-genomic variations of key synthases and their effect on cannabinoid content. *Genome*, 64(4), 490-501.
- Sirikantaramas, S., Taura, F., Morimoto, S., Shoyama, Y. (2007). Recent advances in *Cannabis sativa* research: biosynthetic studies and its potential in biotechnology. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 8(4), 237-243.

- Small, E., Cronquist, A. (1976). A practical and natural taxonomy for *Cannabis*. *Taxon*, 25, 405-435.
- Srinivasababu, N. (2014). Assessing the mechanical performance *Cannabis sativa* composites reinforced with long time dried fibre. *Procedia Engineering*, 97, 986-993.
- Srivastava, P., Srivastava, S., Verma, M. K., Mishra, S. K. (1999). Karyological studies in root-tip cells of *Cannabis sativa* var. *indica*. *Cytologia*, 64, 435-440.
- Stepanov, N. V., Muratova, E. N. (1995). Chromosome numbers of some taxa of higher plants of Krasnoyarsk territory. *Botanicheskii Zhurnal (Moscow & Leningrad)*, 80(6), 114-116.
- Stoian, V., Constantin, N., Cuniță, A. (1998). Sex chromosomes in some flowering plants of the Romanian flora. *Revue Roumaine de Biologie: Série de biologie végétale*, 43(1), 11-19.
- Swift, W., Wong, A., Li, K. M., Arnold, J. C., McGregor, I. S. (2013). Analysis of cannabis seizures in NSW, Australia: *Cannabis* potency and cannabinoid profile. *PLoS ONE*, 8(7), e70052.
- Taura, F., Sirikantaramas, S., Shoyama, Y., Yoshikai, K., Shoyama, Y., Morimoto, S. (2007). Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. *FEBS Letters*, 581(16), 2929-2934.
- Truta, E., Olteanu, N., Surdu, S., Zamfirache, M. M., Oprica, L. (2007). Some aspects of sex determinism in hemp. *Analele Stiintificeale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza", Sectiunea Genetica si Biologie Moleculara*, 8, 31-39.
- Uniprot, (2024). <https://www.uniprot.org/>
- Van Bakel, H., Stout, J. M., Cote, A. G., Tallon, C. M., Sharpe, A. G., Hughes, T. R., Page, J. E. (2011). The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. *Genome Biology*, 12, R102.
- Vavilov, N. I. (1926). Происхождение культурной конопли и возникновение культуры группы «первичных» растений. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 16, 107-121.
- Vyskot, B., Hobza, R. (2004). Gender in plants: sex chromosomes are emerging from the fog. *Trends in Genetics*, 20, 432-438.
- Westergaard, M. (1958). The mechanism of sex determination in dioecious flowering plants. *Advanced Genetics*, 9, 217-281.
- Zhang, C. S. (1998a). A preliminary study on making plant chromosomal specimens using peppermint oil compound as pretreatment agent. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 16(3), 280-282.
- Zhang, C. S. (1998b). Study on chromosomes of 5 species of plants. *Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition)*, 5, 44-46.

BÖLÜM 2

GELİN BÖCEKLERİNİN (COCCINELLIDAE) BİYOLOJİSİ VE YAPRAK BİTLERİ İLE OLAN İLİŞKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi | Ali KAYAHAN^{1*}

Dr. | Betül KAYAHAN²

Prof. Dr. | İsmail KARACA²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285896>

^{1*} Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye, ali.kayahan@yobu.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3671-254X>

² Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye, betulksimsek@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6000-0780>

² Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye, ikaraca98@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-0975-789X>

GİRİŞ

Gelin böcekleri olarak bilinen Coccinellidae familyasının fitofag, mantar yiyen ve yırtıcı türleri içeren 6000 tür içerdiği tahmin edilmektedir (Giorgi vd., 2009; Hodek ve Evans 2012; Bouchard vd., 2017). Familyadaki türlerin yaprak bitlerinin mücadelesinde önemli rollere sahip olduğu bildirilmiştir (Evans vd., 2011; Michaud, 2012; Roy vd., 2016). Morfolojik olarak incelendiğinde diğer böcek familyalarına göre farklı özellikte oldukları görülmektedir. Bunlar; (1) Abdominal spiralleri beş parçadan oluşur, (2) tentorial köprü mevcut değildir, (3) anterior tentorial dallar ayrılmıştır. (4) Fronoclypeal suture mevcut değil, (5) maksillar palplerin apikal segmenti iğne gibi değil, (6) galea ve lacinia ayrılmıştır. (7) Azalmış molalı mandibula, (8) arka taraftan prokoksal boşluklar mevcuttur. (9) Orta koksal boşluklar dışa doğru açılmış, (10) meta epimeron paralel, (11) 2. abdominal sitemitte femur çizgileri mevcuttur. (12) Tarsal formülü 4-4-4 veya 3-3-3, ikinci tarsal segmenti genellikle aşağıya doğru genişir. (13) Erkek üreme organı tüp şeklinde kıvrımlı sifo ile distal olarak tegmen tarafından uzaktır. Larvalar seta ve setoselerle (her abdominal segmentte üç çift) kaplıdır. Antenler bir ile üç parçaya bölünmüş, genişliğin üç katından fazla değildir. Pupalari adectica obtectadır- yani tüm uzantılar vücuda exuvial sıvı ile yapıştırılmıştır. Pupa abdomenin uç kısmından bir yüzeye tutturulmuştur (Giorgi vd., 2009). Bu çalışmada da gelin böceklerinin genel özellikleriyle tanımının yapılmasına ve önemli tarım zararlılarından olan yaprak bitleri ile olan ilişkileri hakkında bilgi verilmesine odaklanılmıştır.

1. GELİN BÖCEKLERİNİN (COCCINELLIDAE) YAŞAMLARI VE GELİŞMELERİ

Coccinellidae üyeleri holometabol (tam başkalaşım gösteren) canlılardır. Gelişme dönemlerinde yumurta, larva, pupa ve ergin dönemlerden geçmektedirler. Süre bakımından incelendiğinde yumurta evresi ergin öncesi dönemlerin %15-20'sini oluştururken; larva %55-65, pupa ise %20-25'ini oluşturmaktadır (Honěk ve Kocourek 1990; Dixon, 2000).

Coccinellid yumurtaları genellikle uzun, oval ya da eliptik yapıdadır. Çok değişik renklere sahiptirler. Yumurtaların bazıları çok şeffaf (*Scymnus louisiane*; Brown vd., 2003), açık gri, parlak sarı ya da koyu turuncu renkte

iken; bazıları yeşilimsi renktedir (Klausnitzer, 1969b). Ergin dişiler yumurtaları ya alt kısmından yüzeye tuttururlar ya da yan tarafı üzerine gelecek şekilde bırakırlar. Yumurtaların üzerinde mikropil denilen porlar bulunur ve ovipozisyon süresince yumurtaya oksijen difüzyonu sağlar (Ricci ve Stella 1988). Yumurta boyutları ergin bireylerin boyutları ile orantılıdır. Küçük cinslerde 0.4 milimetreden daha az, büyük cinslerde ise 2 milimetrenin üzerinde olabilmektedir (Brown vd., 2003). Coccinellid larvalarının çoğu uzun vücutlu (Coccinellinae, Scymnini) iken; bazı tribuslarda elipsoidal (Hyperaspidini, Noviini), bazılarında ise hemisferikaldır (Platynaspidini). Pronotumda iki ya da dört adet sklerize olmuş tabaka mevcuttur (Klausnitzer, 1969a). Mezonotum ve metanotumun her ikisi de iki tabakalıdır. İlk sekiz abdominal segment alt sıra dorsal, dorsolateral ve lateral çiftler şeklinde karakteristik bir yapı taşır. Bu yapılar üçüncü ve dördüncü larva dönemlerinde oldukça açık şekilde görünür ve şekilleriyle birbirlerinden ayrılır (Gage, 1920). Gömlek değiştirme yoluyla larval gelişme gösteren her bir dönem evre (instar) olarak adlandırılır (Dixon, 2000). En son evre olan dördüncü larva döneminde birey beslenmeyi bırakır, kendini bir yüzeye tutturur ve bu dönemde prepupa adını alır. Bu dönemin bazen hatalı olarak beşinci evre olarak da temsil edildiği bildirilmiştir (Smith vd., 1999). Larval gelişim dönemleri türlere özgüdür ve büyük oranda sıcaklığa ve besinin kalitesine bağlıdır (Hodek vd., 2012). Coccinellidlerin pupa tipi aedeptica obtecta'dır. Yani bütün uzantılar (antenler, uzuvlar) vücuda exuvial sıvı ile yapıştırılmış şekildedir. Pupa abdomenin uç kısmından bir yüzeye tutturulmuş şekildedir. Son larva evresinin eski kutikulasının kalıntıları olan exuviae Coccinellinae ve Sticholotidinae'de abdomenin uç kısmında kıvrılmıştır (Lu vd., 2002). Erkek ve dişi bireylerin pupaları dış morfolojileri bakımından ayırt edilemez. Pupa evresinde dişiler erkek bireylere göre daha büyük ve daha ağır olma eğilimindedir. Örneğin yapılan bir çalışmada *Harmonia axyridis* dişilerinin pupaları ortalama 28.5 mg gelirken; erkeklerin pupalarının ortalama 27.2 mg olduğu görülmüştür (Ueno, 2003).

2. GELİN BÖCEKLERİNİN BESLENME ÖZELLİKLERİ

Coccinellidler tarımda ekonomik kayba neden olan çok sayıda zararlının (akar, coccid, afit) doğal düşmanıdır. Gelin böceklerinin beslenmesine bağlı olarak yapılan ilk çalışmalar onların hangi türler üzerinde

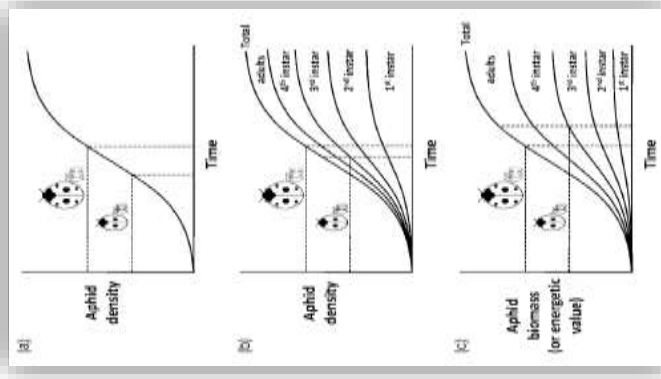
beslendiği ve onların listelenmesi ile ilgili olmuştur. Sonraki çalışmalarda ise laboratuvar ortamında kurulan denemelere bağlı olarak modeller ve hipotezler oluşturulmuştur (Burk, 1988; Hodek, 1996). Örneğin Sloggett (2008)'ın somut gözlemlere dayanan av boyut-yoğunluk hipotezi, av spesifikliğinde yeni bir boyut açmaktadır. Burada avın kimyasal ve fizyolojik uygunluğu yerine avın avcı ile arasında boyut ilişkisi olduğunu savunmaktadır. Vücut boyutunun belki de besin özelleşmesinin temelini oluşturan evrensel bir faktör olarak avın kimyasından daha önemli olduğunu belirtmiştir.

2.1. Besin Aralığının Belirlenme Yöntemleri

Coccinellidlerin besin aralığı çeşitli şekillerde tespit edilebilir (Weber ve Lundgren, 2009). Bu yöntemlerden en klasik olanı bağırsaklardan ve dışkıdan avın kalıntılarının mikroskopik tespit edilmesi ve tanımlanmasıdır (Agarwala vd., 1987; Triltsch, 1999; Ricci ve Ponti 2005; Ricci vd., 2005; Davidson ve Evans 2010). Serolojik analizlerde memelilerden sentezlenmiş bir serum (genellikle tavşan) reaksiyonu ile ava ait olan spesifik proteinler tanımlanabilmektedir (Crook ve Sunderland 1984; Sunderland vd., 1987; Hagley ve Allen 1990).

2.2. Av Boyut-Yoğunluk Hipotezi

Coccinellidlerin beslenmesinde Dixon (2007) yalnızca besin yoğunluğu ile ilgili yorum yaparken; Sloggett (2008) bundan daha karmaşık olan av boyutu ve av yoğunluğunu ele almıştır. Elde ettiği verilere göre küçük gelin böceklerinin daha az besine ihtiyaç duymalarından dolayı küçük boyutlu afitlerin düşük yoğunlukları ile beslenebilmektedir. Bunun aksine büyük boyutlu gelin böcekleri daha fazla besine ihtiyaç duyduklarından ve daha etkili bir şekilde yakalayabildiklerinden dolayı büyük boyutlu afitlerle beslenebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Farklı boyutlardaki coccinellidlerin afit yoğunluğu ve afit kütlelerine göre gelişmesi (Slogget, 2008)

2.3. Coccinellidlerde Besin Spesifikliğı

Coccinellidlerin taksonomik gruplarında aynı ya da benzer avlar üzerinde beslenme eğilimi gözlenmesine rağmen, bazı tribuslarda ava özelleşme görülebilir. Örneğin genellikle afidofag tribus olan Coccinellini'de *Bulaea lichatschovi* gibi fitofag olan predatör olmayan türler bulunmaktadır (Capra, 1947; Dyadechko, 1954; Savoiskaya, 1966; 1970). Bunun yanında polenle beslenen ve mikofag olan *Tytthaspis sedecimpunctata* (Dauguet, 1949; Turian, 1969; Ricci, 1982; Ricci vd., 1983) da bulunmaktadır. Ayrıca Coleoptera üyelerinin larval dönemleri ile beslenen *Aiolocaria* spp. (Iwata, 1932; 1965; Savoiskaya, 1970; 1983, Kuznetsov, 1993), *Calvia quindecimguttata* (Kanervo, 1940) ve *Coccinella hieroglyphica* (Hippa vd., 1984) gibi türler de mevcuttur. Scymnini Tribusuna ait bir tür olan *Clitostethus arcuatus*'un yapılan çalışmalara bakıldığında aleyrodidlerin avcısı olarak özelleştiği görülmektedir (Hodek ve Honěk 2009). Bu türe ek olarak özellikle torbalı koşnillerle beslenen *Rodalía cardinalis* örnek verilebilir. Stenofag bir tür olan ve Margarodidae'ye özelleşmiş olan *R. cardinalis*, diğer kabuklu bit familyaları olan Pseudococcidae, Eriococcidae ve Coccidae ile beslenmesine rağmen gelişmesini tamamlayamamaktadır (Causton vd., 2004). Ava özelleşmiş coccinellid cinslerinden birisi de *Stethorus*'tur. Bu avcılar meyve ağaçlarında oldukça yaygın olarak zarar yapan fitofag akarlar karşı etkili olan biyolojik mücadele etmenlerindedir

(Ullah, 2000; Roy vd., 2005; Biddinger vd., 2009). Bunun yanında *Nephaspis* cinsine ait bireyler beyazsinekler (*Aleurodicus dispersus*) ile beslenen avcılardandır (Waterhouse ve Norris 1989; Ramani vd., 2002).

2.4. Euryphagous ve Stenophagous Türler / Genel ve Özelleşmiş Türler

Coccinellidlerin bir kısmının polifag olduğu gözlenirken; bazılarının da besine özelleştiği görülmektedir (Hodek vd., 2012).

2.4.1. Genel Beslenen Türler

Coccinella septempunctata

Önemli bir yaprak biti avcısı olan *Coccinella septempunctata* oval şekilli ve 6-8 mm boyunda (Uygun, 1981) ve palearktik bölgede çok yaygın olan coccinellidlerdendir (Korcschefskey, 1932; Horion, 1961). Böceğin baş ve pronotumu siyah, elytra kırmızı renkli ve üzerinde 7 adet siyah leke bulunur (Uygun, 1981). Bu avcı böceğin çoğunlukla yaprak bitleri ile beslendiği bilinirken; ek olarak tarımsal üretimde ekonomik kayba sebep olan farklı zararlılar üzerinde de etkili oldukları bildirilmiştir (Ali ve Rizvi, 2009). Yapılan çalışmalara bakıldığında bu türün *Brumoides suturalis*, *Cheilomenes sexmaculata*, *Menochilus sexmaculatus* gibi farklı avcılardan daha fazla yaprak biti tükettiği belirlenmiştir (Soni vd., 2004).

Coleomegilla maculata

Coleomegilla maculata oldukça yaygın polifag bir coccinellid türüdür. Tarımsal zararlı akarlardan olan *Tetranychus urticae* ve *Panonychus ulmi* bu tür için iyi birer besin kaynağı olarak görev yapmaktadır. Bu akarlar ile beslenen avcı bireyleri ergin öncesi gelişimlerini tamamladıkları ve yüksek oranda yumurta verdikleri gözlenmiştir (Putman, 1957). Bu yararlı böcek aynı zamanda lepidopterlerden *Heliothis virescens* (Ables vd., 1978) ve *Ostrinia nubilalis* (Risch vd., 1982); bunun yanında patates böceği olarak bilinen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yumurtalarıyla da beslenebilmektedir (Hazzard ve Ferro 1991; Hilbeck vd., 1997; Nault ve Kennedy 2000; Mallampalli vd., 2005). Yapılan bir çalışmada bahsedilen avcı türün *Galerucella pusilla*'nın yumurtaları ile beslenirken; larvaları ile beslenmediği bildirilmiştir (Wiebe ve Obrycki 2004). Çoğu genel beslenme özelliği gösteren coccinellid türü

ortamda besin azaldıkça alternatif besin üzerinde yoğunlaşmaya başlar. Bu sayede tür için özel besin olmayan zararlılar üzerinde de biyolojik mücadele ajanı olarak etki göstermektedir. Örneğin *Coleomegilla maculata* mısırlarda zararlı olan *Ostrinia nubilalis* (Musser ve Shelton 2003), tatlı mısırdı ve soya fasulyesi zararlısı olan *Helicoverpa zea* (Pfannenstiel ve Yeargan 2002) ve patateslerde zarar yapan *Leptinotarsa decemlineata*'nın (Grodén vd., 1990) mücadelesinde önemli rol oynamaktadır.

Harmonia axyridis

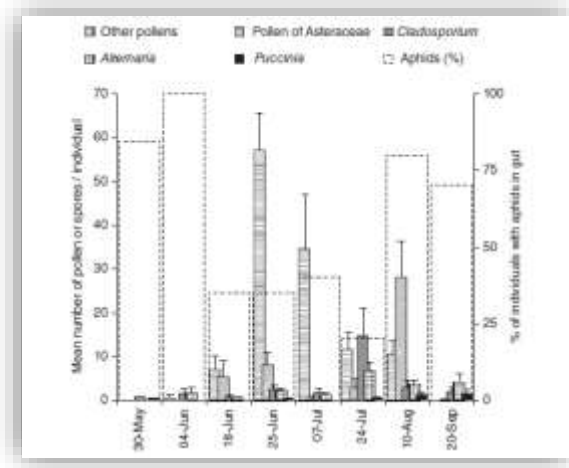
Harmonia axyridis polifag bir tür olmakla birlikte farklı afit türleri üzerinde etkilidir (Okamoto, 1961; 1966; Hukusima ve Sakurai 1964; Takeda vd., 1964; Hukusima ve Kamei 1970). Bunun yanında bal arısı larvaları ile beslenen bu avcının (Niijima vd., 1986), aynı zamanda *Aphis fabae* üzerinde beslendiğinde larval gelişimlerini başarılı bir şekilde tamamladığı gözlenmiştir (Ehler vd., 1997). Ayrıca bu avcı böceğin besinleri arasında *Microlophium carnosum*, *Acyrtosiphum pisum*, *Sitobion avenae* gibi yaprak bitlerinin de olduğu bilinmektedir (Alhmedi vd., 2008).

2.5. Coccinellidlerde Kannibalizm

Coccinellidlerin dişi bireyleri döllenmiş yumurtanın yanında döllenmemiş yumurtalar üretir ya da yumurtalar döllenmesine rağmen larvaların yumurta kapsülünden çıkamadığı durumlar da olmaktadır. Döllenmemiş yumurtalar dişiler tarafından yumurtadan yeni çıkmış larvalar için besin olarak bırakılmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre yumurta kannibalizminin *Adalia bipunctata* larvaları için hem daha hızlı gelişme hem de hayatta kalma açısından bir avantaj olduğu görülmüştür (Roy vd., 2007).

2.6. Böcek Olmayan Besinler (Polen, Nektar, Spor ve Mantarlar)

Bitkilerden orjinlenmiş olan polen ve nektar avcı coccinellidler için önemli besinler arasındadır. Bu bitkisel kaynaklar, böcekler mevsim sonlarında diyapoz için hazırlandıklarında ya da ortamda besin azaldığında ölüm oranını azaltmak adına onların hayatta kalmalarını sağlar (Hodek vd. 2012). Yapılan bir çalışmada *Coccinella septempunctata*'nın midesi içerisinde polen ve mantar sporlarına rastlanmıştır (Ricci vd., 2005) (Şekil 2).



Şekil 2: *Coccinella septempunctata*'nın midesi içindeki polen ve spor miktarları (Ricci vd., 2005)

2.7. Fitofag Coccinellidler

Coccinellidae'nin alt familyası olan ve fitofag bir grup olan Epilachninae bireyleri besin olarak özellikle Solanaceae ve Cucurbitaceae familyalarını tercih etmektedir (Schaefer, 1983). Yapılan bazı çalışmalara bakıldığında ekonomik olarak önemli olan kültür bitkileri üzerinde zarar yapan *Epilachna varivestis* (Fujiyama vd., 1998; Abe vd., 2000; Shirai ve Yara 2001)'in ve *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Fujiyama ve Katakura 2002)'nin dünya genelinde yayılış gösterdiği bildirilmiştir.

3. GELİN BÖCEKLERİNİN YAPRAK BİTLERİ İLE OLAN İLİŞKİLERİ

Tarımsal üretim yapılan alanların büyük bir bölümünde, yaprak bitleri ciddi bir zararlı grubu olarak tanımlanmaktadır. Yaprak bitleri tarımsal ürünler üzerindeki olumsuz etkilerini en üst seviyeye çıkartmak için farklı biyolojik özellikler geliştirmişlerdir. (Guerrieri ve Digilio, 2008). Bu zararlılar, polifag olması, farklı bitkiler üzerinde beslenebilme özelliği ve partenogenezlik gibi özellikleri sebebiyle hızlı bir şekilde popülasyonunu artırmaktadır. Buna ek olarak bu zararlılar beslenerek yaptıkları direkt etkinin yanında oldukça fazla sayıda fitopatogenik virüsü bitkilere aktarmaları

nedeniyle dolaylı yönde üretime zarar vermektedir (Singh ve Singh, 2016). Bu sebeplerden dolayı bu zararlı grubunun mücadelesi oldukça önemlidir. Bunların popülasyonun kontrol altında tutulması için uzun yıllardır farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunların başında kimyasal mücadele gelmektedir. Ancak yaprak bitlerinde görülen hızlı üreme ve evrim sebebiyle uygulanan kimyasallara dayanıklılığın geliştiği gözlenmiştir. Bunun önüne geçmek adına, doğada var olan ve yaprak bitlerinin mücadelesinde de etkili olan avcı ve parazitoit kullanımı bir alternatif bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. Doğada var olan ve yaprak bitlerinin mücadelesinde etkili olan avcı böceklerin başında Coleoptera, Diptera, Hemiptera ve Neuroptera takımlarının üyeleri gelmektedir (Singh ve Singh, 2019). Coleoptera takımına ait bir familya olan Coccinellidae familyasının üyelerinin popülasyonları biyolojik mücadelede etkili olan etmenlerdendir. *Harmonia axyridis*, *Cheilomenes sexmaculata*, *Coccinella septempunctata* gibi türler biyolojik mücadele etmeni olarak kullanıma potansiyeli olan gelin böceklerindendir (Symondson vd., 2002).

3.1. Yaprak Bitlerinin Yaşamı ve Ekonomik Önemi

Yaprak bitleri Hemiptera takımı, Aphididae familyasına ait bitki öz suyu ile beslenen böceklerdir. Yüksek biyolojik adaptasyonları sayesinde tarımsal üretim yapılan alanlarda oldukça fazla miktarda ekonomik kayba neden olmaktadır (Guerrieri ve Digilio, 2008). Beslenme tercihleri, üremeleri, gelişmeleri ve polimorfizmleri benzersizdir (Singh ve Singh, 2016). Bu zararlı grubu, erkek katılımının yokluğuyla karakterize edilen partenogenez, iki ebeveyn den gelen gametlerin füzyonunu içeren zigogenez ve iki ebeveynli ve pedogenez dahil olmak üzere çeşitli üreme mekanizmaları aracılığıyla popülasyonlarını artırma yeteneğine sahiptir (Singh ve Singh, 2019). Partenogenez, çok sayıda klon içeren popülasyonların hızlı bir şekilde genişlemesini sağlar (Guerrieri ve Digilio, 2008). Yaprak bitlerinin basit veya karmaşık yaşam döngüleri olabilir. Partenogenez yoluyla oluşan her olgun dişi üreme yeteneğine sahiptir ve yaşam döngülerinin devamı için erkek yaprak bitlerine ihtiyaç duymamaktadır. Bu nedenle belirli generasyonlarda erkek yoktur. Bu olay sayesinde yaprak biti yaşam döngüsünde doğum sonrası gelişim dönemleri ve nesil süresi azaltılmış olur (Singh ve Singh, 2019). Bu zararlı grubunun yaşam döngüsü farklı konukçu bitkiler, bir kış konukçusu ve

bir ilkbahar-yaz konukçu bitki arasında gerçekleşir (Peccoud vd., 2010). Yaprak bitleri, üretken üreme, polifaji, anholosiklik ve/veya holosiklik üreme, konakçı değişimi, partenogenez ve polivoltinizm nedeniyle hızlı evrimsel değişim için yüksek potansiyel ve yüksek derecede polimorfizm dahil olmak üzere çeşitli biyolojik özellikler sergiler. Dişi yaprak bitleri, birbirinden farklı, genetik olarak aynı sekiz fenotip ortaya çıkarabilir. Morfoloji, fizyoloji, sayılar, üreme zamanlaması, yavru boyutları, gelişim dönemleri, uzun ömürlülük, konukçu tercihleri ve alternatif konukçu bitkileri bulma ve kullanma becerisi bakımından farklılık gösterirler (Singh ve Singh, 2019).

Yaprak biti popülasyonları, uygun koşullar altında inanılmaz derecede yoğunlaşabilir ve ekonomik zarar eşliğini hızlı bir şekilde aşabilmektedir (Singh ve Singh, 2019). Popülasyonun yüksek seviyelere ulaşması, konukçu bitki örtüsünün tamamen yok olmasına neden olur. Kökler dahil bitkinin her bileşenine saldırırlar. Yaprak bitleri, floem özsuğunu emerek bitkiler üzerinde doğrudan olumsuz etki gösterir, bu da özellikle tarımsal üretimdeki bitkilerin hassas sürgünlerinin kıvrılmasına ve bükülmesine neden olur. Bu zararlılar ile bulaşık bitkilerde çiçekler oluşmaz hatta bitki tamamen ortadan kalkabilir. Yoğun popülasyon artışı sonucunda bitkilerde, şekilsiz meyveler, bodur büyüme ve sararmış yapraklar gibi olumsuzluklar meydana gelebilir. Ayrıca beslenmeleri sırasında salgıladıkları salgılar sebebiyle beslenme yerlerindeki kloroplastları bozar ve bu da konukçu bitkide lokalize klorozla sonuçlanabilir. Ek olarak bu salgılar, hormonların bileşimini ve bitkinin hormonal dengesini değiştirerek çeşitli gal ve tümörlerin oluşumuna yol açabilir. Bu galler yaprak bitlerine uygun mikroiklim koşulları sağlar ve onları doğal avcılarından ve böcek ilaçlarından korur (Singh ve Singh, 2016).

Yaprak bitleri, doğrudan zararlarının yanı sıra, yaprak yüzeylerinde biriken çok büyük miktarda bal özü üretir. Güneşli günlerde bu tatlı özsu kristalleri, büyütücü mercek görevi görerek bitki dokusunun yanmasına neden olur. Ek olarak, fotosentezi azaltan siyah isli küfün (saprofitik mantarların siyah tabakası) kolonizasyonunu teşvik eder (Hogervorst vd., 2007). Ayrıca yapraklardaki stoma açıklıklarının isli küf nedeniyle tıkanması, konukçu bitkinin yapraklarını kaybetmesine neden olur. Ayrıca bu yapışkan maddelerin üzerinde biriken toz, parçalanmış erimiş kabuk parçacıkları ve kir, bitkinin çekiciliğini yitirmesine sebep olabilir (Singh ve Singh, 2016). Bu olumsuzluklara ek olarak yaklaşık 200 yaprak biti türü, fitopatojenik

virüslerin yaklaşık 200 türü için vektör görevi görmektedir. Hem kalıcı hem de kalıcı olmayan virüsler de dahil olmak üzere yaklaşık 275 virüs türünün taşınmasından sorumludurlar (Ng ve Perry, 2004). Örneğin Şeftali yeşil yaprak biti *Myzus persicae*, 100'den fazla virüs türünün taşınmasından sorumludur (Hooks ve Fereres, 2006).

3.2. Yaprak Bitlerinin Mücadelesi

3.2.1. Kimyasal Mücadele

Seksenli yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında o tarihlerde kullanılan insektisitlerin yaprak bitlerine karşı toksisitesinin düştüğü belirlenmiş ve kullanılan kimyasalların öldürücü dozlarının on kat arttığı belirlenmiştir (Emden vd., 1989). 1980 yılı civarında 20 yaprak biti türünün birden fazla böcek ilacına karşı direnç geliştirdiği rapor edilmiştir. Şeftali yeşil yaprak biti *Myzus persicae*, direnç gelişimi açısından en yaygın yaprak biti türüdür. Bu zararlı öldürücü ve çapraz direnç özelliklerine ulaşmak için en az dört mekanizma kullanılmaktadır. Bu mekanizmalar arasında esteraz E4 ve F4 amplifikasyonu, asetilkolin esterazın (ACe) modifikasyonu, GABA reseptörünün mutasyonu (Rdl geni) ve Na⁺ kanalının mutasyonu (Krr geni) yer alır (Dyte, 1974). Yaprak bitleri üzerinde etkili olan neonikotinoidlerin sistemik bir insektisit olarak piyasaya sürülmesi 1980'lerden sonra gerçekleşmiştir. Neonikotinoidler, uygulanan bölgeden bitkinin ksilemine ve floemine sızar ve çeşitli bitki organlarına taşınır. Bu sistemik insektisit birincil avantajı, tohum muamelesi ile uygulanabilmesidir (Weisz ve Tarleton, 1999). Yaprak bitleri ve diğer bitki özsu emici böcekler, sistemik kimyasalı bünyesine almış bir bitkiye saldırdığında direkt olarak olumsuz etkilenmektedirler (Roy vd., 2014). Günümüzde yaprak biti mücadelesi için, sentetik insektisitler olan imidacloprid, hiamethoxam, asetamiprid, metil-odemeton, quinalphos, dimethoate ve clotianidin yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak Karate vd. (2015), flubendiamid'in yaprak biti mücadelesinde en etkili insektisit olduğunu bildirmektedir.

Yaprak bitlerinin kimyasal mücadelesinde farklı dezavantajlar da ortaya çıkmaktadır. Örneğin herhangi bir zararlı böceğin mücadelesinde kullanılan kimyasal mücadele yöntemi diğer tekniklerle karşılaştırıldığında her zaman en uygun maliyetli yöntemdir. Belki de yaprak bitlerinin neden olduğu gerçek verim kaybından daha pahalıya mal olacaktır. Yaprak bitlerine karşı insektisit

kullanımı tarla veya tarım arazilerindeki yaprak biti popülasyonunu azaltsa da virüsler yüzeysel stile delikleri yoluyla hızlı bir şekilde bulaştığı için yaprak biti kaynaklı viral hastalıklara karşı etkili bir koruma sağlamayacaktır. Ayrıca bazı insektisitler farklı böceklerin aktivitesini artırarak virüsün yayılmasını hızlandırabilir (Margaritopoulos vd., 2013). Buna ek olarak farklı çalışmalarda yaprak bitlerinin virüs bulaştırma şekilleri de değişiklik göstermektedir. Birincil enfeksiyon olaylarının sıklığı (virüsün tarlaya zaten enfekte olan böcekler tarafından getirilmesi) ikincil yayılma olaylarından (virüsün enfekte bir bitkiden tarladaki sağlıklı bir bitkiye yayılması) daha yüksekse veya başka bir deyişle, eğer tarlaya giren virüslü yaprak biti oranı yüksekse insektisit uygulamasının bir anlamı yoktur. Dolayısıyla insektisitler, ikincil yayılımın hâkim olduğu durumlarda en etkili olmaktadır (Roy vd., 2014).

Yaprak bitlerinde insektisit direncinin gelişmesi, tarım arazilerinde insektisit kullanımının başlıca dezavantajıdır. Yaprak bitleri, (i) davranışsal kaçınma, (ii) kutikül kalınlaşması, (iii) artan metabolik aktivite ve (iv) insektisit hedef bölgelerinde uygulanan kimyasalın duyarlılığını azaltan veya ortadan kaldıran nokta mutasyonları yoluyla böcek ilacı direnci kazanır. Örneğin şeftali yeşil yaprak biti *Myzus persicae*'nin en az yetmiş farklı sentetik bileşiğe karşı direnç geliştirdiği ve dünya çapında çeşitli insektisit direnç mekanizmalarının rapor edildiği bildirilmektedir (Silva vd., 2012). Ek olarak, Avustralya pamuk tarlalarındaki pamuk yaprak biti *Aphis gossypii*'de pirimikarb, organofosfat, endosülfan ve piretroid'e karşı böcek ilacı direnci ortaya çıkartılmıştır (Herron vd., 2001).

Sentetik insektisitlerin yaprak bitleri üzerinde kullanımı, çevresel sürdürülebilirliğe verdikleri zararlar ve yaprak bitlerinin doğal düşmanları dahil olmak üzere insan sağlığı ve hedef dışı popülasyonlar üzerindeki diğer zararlı etkileri, uzun süre kalıcı olmaları ve biyolojik olarak parçalanamayan doğaları ve yaprak bitlerinin popülasyonlarının büyümesinin daha yüksek oranda olması nedeniye sınırlı kalmıştır (Singh ve Singh, 2019).

3.2.2. Yaprak Biti Biyolojik Mücadelesinde Gelin Böcekleri

Yaprak bitleri çok sayıda besin zincirinde yer almaktadır (Singh ve Singh, 2016). Aynı habitatta bulunan avcı ve parazitoitler yaprak biti popülasyonunun kontrolünde yaygın şekilde rol oynamaktadır (Singh ve

Singh, 2019). Parazitoitlerin çoğunluğu Hymenoptera takımına aittir. Yumurta bırakmayı seçtikleri konukçu türler hakkında daha fazla bilgi açığa çıkarırlar yani daha sınırlı bir konukçu yelpazesine sahiptirler. (*Aphidius* spp., *Praon* spp., *Tryoxis* spp., *Diaeretiella* spp. ve *Aphelinus* spp.) (Wei vd., 2005). Avcı böcek olarak da çoğunluğu dört böcek takımına oluşturmaktadır: Coleoptera, Diptera, Hemiptera ve Neuroptera. Bu avcı böceklerin çoğunluğu genel beslenme alışkanlıklarına sahipken yani gruplar üzerinde beslenirken; bazıları neredeyse sadece yaprak bitleriyle beslenir (Singh ve Singh, 2019).

Bu avcılardan gelin böcekleri (Coccinellidae) yaprak bitleri, kabuklu bitler ve diğer fitofag zararlılara karşı etkili biyolojik mücadele etmenleridir. Son yıllardaki çalışmalara bakıldığında gelin böceklerinin ekolojisi ve biyolojik mücadele potansiyeli üzerine son araştırmalar olduğu görülmektedir (Symondson vd., 2002). Bu familyanın üyelerinden olan *Harmonia axyridis* (Pallas), önemli bir doğal düşmanlardandır. Bu avcı böcek protein açısından zengin avları (yaprak bitleri vb.) tüketen karnivor bir tür olmasına rağmen sıklıkla nektar ve tatlı özsu gibi yüksek karbonhidratlı yiyecekleri de tüketirler (Sun vd., 2022). Farklı bir gelin böceği olan *Cheilomenes sexmaculata*'nın, Avustralya'nın yanı sıra Asya'da (Hindistan, Bangladeş, Pakistan, Sri Lanka, Butan, Myanmar, Malezya, Endonezya, Vietnam, Çin ve Japonya) (Poorani, 2002) ve Venezuela, Şili, Ekvador, Peru ve Şili gibi Güney Amerika gibi ülkelerde yayılış gösterdiği rapor edilmiştir (Ramirez vd., 2018). Bu biyolojik mücadele etmeninin yaprak bitleri, beyaz sinekler, tripsler ve unlu bitler gibi yumuşak gövdeli böcekler üzerinde etkili olan genel bir avcı olduğu bildirilmiştir (Pervez, 2004). Yaprak bitleri üzerinde etkili olan önemli gelin böceği türlerinden biri de *Coccinella septempunctata*'dır. Bu yararlı organizmanın orijini Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'dadır. Tarımsal üretimdeki zararlılara karşı biyolojik mücadele etmeni olma potansiyeli nedeniyle, dünyanın genelinde (özellikle paleartik bölgede) yayılış göstermektedir ve yaprak bitlerinin mücadelesinde önemli rolleri üstlenmiştir (Hodek ve Michaud, 2008).

Zararlılarla mücadele için biyolojik yöntemlerin kullanılması, yalnızca parasal açıdan uygulanabilir olmakla kalmayıp, aynı zamanda çevredeki ekosistem üzerinde neredeyse hiçbir olumsuz etkisi yoktur ve doğal çevreyi herhangi bir kirlenme tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaz. Doğal bir düşman, eğer zararlı sayısını belirli bir ürün için ekonomik zarar eşiğinden daha az bir

ölçüde azaltabiliyorsa, ekonomik açıdan başarılı sayılmaktadır (Khan, 2009). Coccinellidlerin IPM programlarında yardımcı olabileceği fikri, belirli avlarla mevsimsel eşzamanlılık, yüksek yiyecek arama performansı ve yüksek üreme verimliliği sergilemeleri gerçeğiyle desteklenmektedir. Uğurböceklerinin geleneksel biyolojik mücadele için kullanılmasına yönelik pek çok girişimde bulunulmuştur ve bunların sonuçlarının başarılı olduğu gözlenmiştir. Son yıllarda da kitlesel üretim yapılarak zararlılarla mücadelede kullanılmaktadır (Poorani, 2002). Coccinellidler, biyolojik mücadele kavramıyla en sık ilişkilendirilen karnivor organizmaların taksonudur. Bu türlerin dünyamıza olan faydalı etkileri konusunda kamuoyu ve biyolojik mücadele alanında çalışan profesyoneller aynı görüştedir. Yeni bir bölgede zararlı bir yaprak biti gibi zararlıların tespit edilmesi durumunda gelin böceklerinin sıklıkla ortaya çıkabilecek potansiyel bir doğal düşman olduğu düşünülmektedir (Khan, 2009). *Coccinella* ve *Hippodamia* gibi yaprak biti ile beslenen türlerin yetişkin dişileri, yapay diyetler yerine yalnızca canlı yaprak bitleri sağlandığında yumurta üretebilmektedirler. Bu sebeple tarım sistemlerinin çoğunda yararlı organizmaları korumada özellikle başarılı olan herhangi bir yöntem yoktur. Tarım arazileri ve çevredeki pestisitlerin etkilerinden uzakta kışlama ortamlarının ve güvenli sığınakların sağlanması, biyolojik mücadelenin uygulamasında coccinellidlerin kullanımına yönelik en önemli uygulamalardan ikisidir (Reid, 2008). Bu yararlı organizmaları yaprak bitleri ile yaşadıkları habitatlarda korunmalarının sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle pestisit kullanımının belirli bölgelerde kısıtlanması gerekebilir çünkü bu kimyasallar, ortadan kaldırmak üzere tasarlandıkları zararlıların yanı sıra avcı ve parazitöitlerini de sıklıkla ortadan kaldırır. Doğal düşmanların korunması söz konusu olduğunda, pestisit uygulaması yerine pestisit kullanımına alternatifler tercih edilmektedir. Coccinellidleri çeken çekici bitki türlerinin örnekleri arasında *Achillea millefolium*, *Coriandrum sativum*, *Cosmos bipinnatus*, *Lobularia maritima*, *Medicago sativa*, *Petunia grandiflora*, *Phacelia tanacetifolia*, *Sinapis alba*, *Tagetes patula* ve *Tropaeolum majus* yer alır. Avlanmayan gıdalar (çiçek nektarı, polen, tatlı özsu vb.) ve yararlı etmenlere sağladıkları sığınak nedeniyle koruma biyolojik programlarının başarısı açısından önemlidir (Poorani, 2002).

Yaprak bit avcılarından olan *Hippodamia variegata*'nın son dönem larvalarının ve ergin dişi bireylerinin oldukça fazla sayıda *Aphis craccivora*

ile beslendiği bildirilmiştir. Elde edilen verilerin pratik uygulama açısından önemli sonuçları olduğu görülmektedir. Özellikle dördüncü evrelerindeki larvaların ve dişi bireylerin beslenme açısından diğer yaşam evrelerine göre daha aktif olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler ışığında kitle üretimi yapılarak salınan avcı böceğin (özellikle son dönem larva ve dişi ergin) zararlı üzerindeki etkilerinin oldukça yüksek olacağı kaçınılmazdır. Avcı böceğin yetişkin dişi bireyleri ve dördüncü dönem larvaları yaprak bitleri avlamada daha etkili olduğundan, seri üretilen uğur böceklerinin cinsiyet oranının dişilerin lehine değiştirilmesi yaprak biti popülasyonlarının biyolojik mücadelesi açısından avantajlı olabilir (Khan, 2009). Benzer bir durum *Hippodamia variegata* ve *Harmonia eucharis*'de de gözlenmiştir. Üç farklı yaprak biti üzerinde beslenen iki farklı avcı böceğin özellikle son dönem larvalarının ve ergin bireylerinin besinleri (*Aphis fabae*, *Aphis pomi*, *Brachycaudus helichrysi*) üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir (Reid, 2008).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretimde kalite ve kantite kaybına neden olan etmenlerin başında böcekler gelmektedir. Bunların mücadelesinde uzun yıllardan beri farklı yöntemler (kültürel, kimyasal, biyolojik) uygulanmaktadır.

Tarımda zararlı olan organizmalardan olan yaprak bitleri yaşamları boyunca uyguladıkları biyolojik adaptasyonlar sebebiyle üretimde daha da zararlı bir grup haline gelmiştir (Guerrieri ve Digilio, 2008). Bu zararlılar polifaglık, konukçu değişimi ve üremede etkili olan partenogenez sebebiyle oldukça başarılı şekilde yaşam döngülerini devam ettirmektedir (Singh ve Singh, 2019).

Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) yaklaşımı, kimyasal, biyolojik ve mekanik yöntemlerin bir kombinasyonunu kullanan etkili bir zararlı mücadele stratejisidir. IPM'nin (Entegre Zararlı Yönetimi) hem büyük ölçekli ticari tarım ortamlarında hem de konut bahçeciliği ve peyzaj düzenlemesi gibi küçük alanlarda etkili bir yönetim olduğu belirlenmiştir (Pierce, 2020). IPM'nin birden fazla alternatif yorumu mevcuttur, ancak çoğunluğu bazı temel prensiplere dayanmaktadır. 1- Bitkilerin hasara karşı direnç gösterme yeteneğinin güçlendirilmesi ve zararlı popülasyonlarının düzenlenmesi için hem biyolojik hem de kültürel yöntemlerin kullanılması gibi geniş bir strateji

yelpazesi dikkate alınmalıdır. 2- Zararlıların avcıları, ot büyümesinin yönetilmesine yardımcı olan otçullar ve bu organizmaların parazitoitleri gibi yararlı organizmaların sayısının azaltılmasından kaçınılması ve belirli bir düzeyde zarara izin verilmesi gerekmektedir. 3- Maliyeti ne zaman hasar mücadele maliyetinden daha ağır basıyorsa, tüm zararlar verimde düşüşe yol açmasa bile (ekonomik eşik) pestisitler gibi girdiler hayati öneme sahiptir (Jeffers ve Williamson, 2017).

Yaprak bitleri tipik olarak, en yaygın doğal mücadele etmenleri olarak görev yapan yırtıcı hayvanlar ve parazitoitler tarafından avlanmaya maruz kalır. Coleoptera takımının çoğu üyesi avcı etmen olarak sınıflandırılır. Bu etmenler çoğunlukla çok çeşitli böcek türlerini üzerinde etkilidir; ancak bazı türlerim yaprak biti tüketiminde özelleştiği belirlenmiştir (Singh ve Singh, 2019). Yaprak bitleri ile gelin böcekleri (Coccinellidae) arasında trofik açıdan bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında farklı avcı böceklerin yaprak bitleri üzerinde oldukça etkili olduğu bildirilmiştir. Ancak yaprak bitlerinin mücadelesinde gelin böceklerinin etkili olduğu görülmektedir. Bundan dolayı elde edilen literatür bilgilerine de bakıldığında yaprak bitlerinin mücadelesinde sürdürülebilirliğin devam ettirilebilmesi için Entegre Zararlı Yönetimi tekniklerinin kullanılması oldukça önemlidir.

Literatür bilgilerine bakıldığında yaprak bitleri ile coccinellidlerin trofik ilişkileri oldukça fazladır. Ancak son yıllarda iklim değişikliği tüm dünyayı etkilediği gibi böcekler üzerinde de farklı etkiler göstermektedir. Araştırmacılara göre iklim değişikliği potansiyel olarak yaprak biti ve uğur böceği popülasyonlarının düzenini kökten değiştirebilir (Honěk vd., 2017). Bunun için bahsi geçen organizmalarla alakalı çalışmalar planlanırken iklim değişikliği ve türlerin buna ayak uydurabilme stratejileri hakkında da bilgi sahibi olunmasında ve göz ardı edilmemesinde yarar vardır.

KAYNAKÇA

- Abe, Y., Nakamura, T., Inoue, H. (2000). Exploitation of Fabaceae plants by the Mexican bean beetle *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology*. 35: 81-85.
- Ables, J.R., Jones, S.L., McCommas, Jr.D.W. (1978). Response of selected predator species to different densities of *Aphis gossypii* and *Heliothis virescens* eggs. *Environmental Entomology*. 7: 402-404.
- Agarwala, B.K., Das, S., Bhaumik, A.K. (1987). Natural food range and feeding habits of aphidophagous insects in north east India. *Journal of Aphidology*. 1: 18-22.
- Alhmedi, A., Haubruge, E., Francis, F. (2008). Role of prey – host plant associations on *Harmonia axyridis* and *Episyrphus balteatus* reproduction and predatory efficiency. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 128: 49-56.
- Ali, A., Rizvi, P.Q. (2007). Development and predatory performance of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on different aphid species. *Journal of Biological Science*. 7: 1478-1483.
- Biddinger, D.J., Weber, D.C., Hull, L.A. (2009). Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biological Control*. 51: 268-283.
- Bouchard, P., Smith, A.B.T., Douglas, H., Gimmel, M.L., Brunke, A.J., Kanda, K. (2017). Biodiversity of Coleoptera. *Insect Biodiversity: Science and Society*, Volume I (ed. by R.G. Foottit and P.H. Adler), 2nd Edn, pp. 337-417. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Brown, G.C., Sharkey, M.J., Johnson, D.W. (2003). Bionomics of *Scymnus* (Pullus) *louisianae* J. Chapin (Coleoptera: Coccinellidae) as a predator of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economical Entomology*. 96: 21-24.
- Burk, T. (1988). Insect behavioral ecology: Some future paths. *Annual Review of Entomology*. 33: 319-335.
- Capra, F. (1947). Note sui Coccinellidi (Col.) III. La larva ed il regime pollinivoro di *Bulaea lichatschovi* Hummel. *Mem. Soc. Entomol. Ital., Suppl.*, 26: 80-86.
- Causton, C.E., Lincango, M.P., Poulson, T.G.A. (2004). Feeding range studies of *Rodolia cardinalis* (Mulsant), a candidate biological control agent of *Icerya purchasi* Maskell in the Galapagos islands. *Biological Control*. 29: 315-325.
- Crook, N.E., Sunderland, K.D. (1984). Detection of aphid remains in predatory insects and spiders by ELISA. *Annals of Applied Biology*. 105: 413-422.
- d'Emden, M.C., Dunlop, M., Larkins, R. G., Wark, J. D. (1989). The in vitro effect of $1\alpha, 25$ -dihydroxyvitamin D₃ on insulin production by neonatal rat islets. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 164(1): 413-418.

- Dauguet, P. (1949). Les Coccinellini de France. 46 pp. Paris, France.
- Davidson, L.N., Evans, E.W. (2010). Frass analysis of diets of aphidophagous lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Utah alfalfa fields. *Environmental Entomology*. 39: 576-582.
- Dixon, A.F.G. (2007). Body size and resource partitioning in ladybirds. *Population Ecology*. 49: 45-50.
- Dixon, A.F.G., 2000. *Insect Predator – Prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control*. Cambridge University Press, 258 pp. Cambridge, UK.
- Dyadechko, N.P. (1954). *Coccinellids of the Ukrainian SSR*. 156 pp. Kiev, Ukraine.
- Dyte, C.E. (1974). Problems Arising from Insecticide Resistance in Storage Pests 1. *EPPO Bulletin*. 4(3): 275-286.
- Ehler, L.E., Long, R.F., Kensey, M.G., Kelley, S.K. (1997). Potential for augmentative biological control of black bean aphid in California sugarbeet. *Entomophaga*. 42: 241-256.
- Evans, E.W., Soares, A.O., Yasuda, H. (2011). Invasions by ladybugs, ladybirds, and other predatory beetles. *BioControl*. 56: 597-611.
- Fujiyama, N., Katakura, H. (2002). Host plant suitability of *Solanum japonense* (Solanaceae) as an alternative larval food for three closely related *Epilachna* ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Applied Entomology and Zoology*. 37: 551-557.
- Fujiyama, N., Katakura, H., Shirai, Y. (1998). Report of the Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology*. 33: 327-331.
- Gage, J.H. (1920). The larvae of the Coccinellidae. *Illinois Biological Monographs*. 6: 232-294.
- Giorgi, J.A., Vandenberg, N.J., McHugh, J.V., Forrester, J.A., Ślipinski, S.A., Miller, K.B., Shapiro, L.R., Whiting, M.F. (2009) The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biological Control*. 51: 215-231.
- Groden, E., Drummond, F.A., Casagrande, R.A., Haynes, D.L. (1990). *Coleomegilla maculata* (Coleoptera, Coccinellidae), its predation upon the Colorado potato beetle (Coleoptera, Chrysomelidae) and its incidence in potatoes and surrounding crops. *Journal of Economical Entomology*. 83: 1306-1315.
- Guerrieri, E., Digilio, M.C. (2008). Aphid-plant interactions: a review. *Journal of Plant Interactions*. 3(4): 223-232.
- Hagley, E.A.C., Allen, W.R. (1990). The green apple aphid, *Aphis pomi* DeGeer (Homoptera: Aphididae), as prey of polyphagous arthropod predators in Ontario. *Canadian Entomology*. 122: 1221-1228.
- Hazzard, R.V., Ferro, D.N. (1991). Feeding responses of adult *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) to eggs of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and green peach aphids

- (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology. 20: 644-651.
- Herron, G.A., Powis, K., Rophail, J. (2019). Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. Australian Journal of Entomology. 40(1): 85-91.
- Hilbeck, A., Eckel, C., Kennedy, G.G. (1997). Predation on Colorado potato beetle eggs by generalist predators in research and commercial potato plantings. Biological Control. 8: 191-196.
- Hippa, H., Koponen, S., Roine, R. (1984). Larval growth of *Coccinella hieroglyphica* (Col., Coccinellidae) fed on aphids and preimaginal stages of *Galerucella sagittariae* (Col., Chrysomelidae). Rep. Kevo Subarctic Res. Stat., 19: 67-70.
- Hodek, I., Evans, E.W. (2012). Food relationships. Ecology and behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae) (ed. by I. Hodek, H.F. van Emden and A. Honek), pp. 141-274. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Hodek, I., Honek, A. (1996). Ecology of Coccinellidae. Kulver Academic Publisher, the Netherlands, 464p.
- Hodek, I., Honěk, A. (2009). Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. Biological Control. 51: 232-243.
- Hodek, I., Michaud, J. (2008). Why is *Coccinella septempunctata* so successful? (A point-of-view). European Journal of Entomology. 105(1): 1-12.
- Hodek, I., van Emden, H.F., Honěk, A. (2012). Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). Blackwell Publishing Ltd., 561p. London.
- Hodek, I., van Emden, H.F., Honěk, A. (2012). Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). Blackwell Publishing Ltd., 561p.
- Hogervorst, P.A., Wäckers, F.L., Romeis, J. (2007). Effects of honeydew sugar composition on the longevity of *Aphidius ervi*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 122(3): 223-232.
- Honěk, A., Kocourek, F. (1990). Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. Zoologische Jahrb u cher. Abteilung fur Systematik und Okologie der Tiere. 117: 401-439.
- Honěk, A., Dixon, A.F.G., Soares, A.O., Skuhrovec, J., Martinkova, Z. (2017). Spatial and temporal changes in the abundance and composition of ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) communities. Current Opinion in Insect Science. 20: 61-67.
- Hooks, C.R., Fereres, A. (2006). Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: a review on the use of barrier plants as a management tool. Virus Research. 120(1-2): 1-16.
- Horion, A. (1961). Faunistik der Mitteleuropäischen Käfer. Band VIII. Überlingen-Bodensee, Kommissionverlag Buchdruckerei Ang. Feysel.

- S., 283–365.
- Hukusima, S., Kamei, M. (1970). Effects of various species of aphids as food on development, fecundity and longevity of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). Res. Bull. Fac. Agric. Gifu Univ., 29: 53-66.
- Hukusima, S., Sakurai, H. (1964). Aphid consumption by adult *Coccinella septempunctata bruckii* Mulsant in relation to temperature (Coleoptera: Coccinellidae). Annu. Rev. Plant Protection North Japan. 15: 126-128.
- Iwata, K. (1932). On the biology of two large lady - birds in Japan. Trans. Kansai Entomological Society. 3: 13-26.
- Iwata, K. (1965). Supplement on the biology of two large lady - birds in Japan. Acta Coleopter. 2: 57-68.
- Jeffers, A., Williamson, J. (2017). Integrated Pest Management (I.P.M.) for Aphids. [online] Home & Garden Information Center | Clemson University, South Carolina. Available at: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/integrated-pest-management-i-p-m-for-aphids/> [Erişim 13 Mayıs 2024].
- Kanervo, V. (1940). Beobachtungen und Versuche zur Ermittlung der Nahrungseiniger Coccinelliden. Ann. Entomol. Fenn., 6: 89-110.
- Khan, A.A. (2009). Relative toxicity of pesticides for safety of predatory coccinellids. Annals of Plant Protection Sciences. 17: 307-311.
- Klausnitzer, B. (1969a). Zur Kenntnis der Larve von *Lithophilus connatus* (PANZER) (Col., Coccinellidae). Entomology Nachrichten. 13: 33-36.
- Klausnitzer, B. (1969b). Zur Unterscheidung der Eier mitteleuropäischer Coccinellidae. Acta Entomologica Bohemoslovaca. 66: 146-149.
- Korschefsky, R. (1932). Coleopterorum Catalogus, pars 120, Coccinellidae II., W. Junk, 435, Berlin.
- Kuznetsov, V.N. (1993). Coccinellids (Coleoptera, Coccinellidae) of the Russian Far East. Dalnauka, Vladivostok, 334 pp.
- Lu, W.H., Souphanya, P., Montgomery, M.E. (2002). Descriptions of immature stages of *Scymnus* (Neopullus) *sinuanodulus* Yu and Yao (Coleoptera: Coccinellidae) with notes on life history. The Coleopterists Bulletin. 56: 127-141.
- Mallampalli, N., Gould, F., Barbosa, P. (2005). Predation of Colorado potato beetle eggs by a polyphagous ladybeetle in the presence of alternate prey: potential impact on resistance evolution. Entomologia Experimentalis et Applicata. 114: 47-54.
- Margaritopoulos, J.T., Papapanagiotou, A.P., Voudouris, C.Ch., Kati, A., Blackman, R.L. (2013). Two aphid species newly introduced in Greece. Hellenic Plant Protection Journal. 6(2): 51-54.
- Michaud, J.P. (2012). Coccinellids in biological control. Ecology and behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). (ed. by I. Hodek, H.F. van Emden and A. Honek), pp. 488-519. Wiley-Blackwell,

- Chichester, UK.
- Musser, F.R., Shelton, A.M. (2003). Predation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Crambidae) eggs in sweet corn by generalist predators and the impact of alternative foods. *Environmental Entomology*. 32: 1131-1138.
- Nault, B.A., Kennedy, G.G. (2000). Seasonal changes in habitat preference by *Coleomegilla maculata* : implications for Colorado potato beetle management in potato. *Biological Control*. 17: 164-173.
- Ng, J.C., Perry, K.L. (2004). Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Molecular Plant Pathology*. 5(5): 505-511.
- Niijima, K., Matsuka, M., Okada, I. (1986). Artificial diets for an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis*, and its nutrition. (Minireview). In I. Hodek (ed.). *Ecology of Aphidophaga*. Academia, Prague and W. Junk, Dordrecht, The Netherlands, pp. 37-50.
- Okamoto, H. (1961). Comparison of ecological characters of the predatory ladybird *Coccinella septempunctata bruckii* fed on the apple grain aphids, *Rhopalosiphum prunifoliae* and the cabbage aphids, *Brevicoryne brassicae*. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*. 5: 277-278.
- Peccoud, J., Simon, J.C., von Dohlen, C., Coeur d'acier, A., Plantegenest, M., Vanlerberghe-Masutti, F., Jousset, E. (2010). Evolutionary history of aphid-plant associations and their role in aphid diversification. *Comptes Rendus Biologies*: 333(6-7): 474-487.
- Pervez, A. (2004). Predaceous Coccinellids in India: Predator-Prey Catalogue (Coleoptera: Coccinellidae). *Oriental Insects*. 38(1): 27-61.
- Pfannenstiel, R.S., Yeorgan, K.V. (2002). Identification and diel activity patterns of predators attacking *Helicoverpa zea* (Lepidoptera, Noctuidae) eggs in soybean and sweet corn. *Environmental Entomology*. 31: 232-241.
- Pierce, J. (2020). Extension Pesticide Applicator Training Series #2: Pest Management Practices | New Mexico State University - BE BOLD. Shape the Future. [online]. Available at: https://pubs.nmsu.edu/_a/A611/index.html [Erişim 13 Mayıs 2024].
- Poorani, J. (2002). An annotated checklist of the Coccinellidae (Coleoptera) (excluding Epilachninae) of the Indian Subregion. *Oriental Insects*. 36(1): 307-383.
- Putman, W.L. (1957). Laboratory studies on the food of some coccinellids (Coleoptera) found in Ontario peach orchards. *Canadian Entomology*. 89: 527-579.
- Ramani, S., Poorani, J., Bhummanvar, B.S. (2002). Spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus*, in India. *Biocontrol News and Information*. 23: 55N-62N.
- Ramírez, J., González, G., Sánchez, Y. (2018). First record of *Cheilomenes*

- sexmaculata (Fabricius, 1781) (Coleoptera, Coccinellidae) from Colombia. Check List. 14(1): 77-80.
- Reid, C. (2008). Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae). Their Biology and Classification - Edited by Adam Ślipiński. Systematic Entomology. 33(1): 211-212.
- Ricci, C. (1982). Constitution and function of the mandibles in *Tytthaspis sedecimpunctata* (L.) and *Tytthaspis trilineata* (Weise) larvae. Frustula Entomology. 3: 205-212.
- Ricci, C., Fiori, G., Colazza, S. (1983). Regime alimentare dell'adulto di *Tytthaspis sedecimpunctata* (L.) (Coleoptera Coccinellidae) in ambiente a influenza antropica primaria: prato polifi ta. Atti XIII Congr. Naz. Ital. Entomol., Sestriere-Torino, 691-698.
- Ricci, C., Ponti, L. (2005). Seasonal food of *Ceratomegilla notata* (Coleoptera: Coccinellidae) in mountain environments of northern Italian Alps. European Journal of Entomology. 102: 527-530.
- Ricci, C., Ponti, L., Pires, A. (2005). Migratory flight and pre - diapause feeding of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera) adults in agricultural and mountain ecosystems of Central Italy. European Journal of Entomology. 102: 531-538.
- Ricci, C., Stella, I. (1988). Relationship between morphology and function in some Palearctic Coccinellidae. In E., Niemczyk and A.F.G., Dixon (eds). Ecology and Effectiveness of Aphidophaga: Proceedings of an International Symposium, Teresin, Poland, 31 August – 5 September, 1987. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, pp. 21–25.
- Risch, S.J., Wrubel, R., Andow, D. (1982). Foraging by a predaceous beetle, *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae), in a polyculture: effects of plant density and diversity. Environmental Entomology. 11: 949-950.
- Roy, H.E., Brown, P.M.J., Adriaens, T., Berkvens, N., Borges, I., Clusella-Trullas, S., Comont, R.F., De Clercq, P., Eschen, R., Estoup, A., Evans, E.W., Facon, B., Gardiner, M.M., Gil, A., Grez, A.A., Guillemaud, T., Haelewaters, D., Herz, A., Honek, A., Howe, A.G., Hui, C., Hutchison, W.D., Kenis, M., Koch, R.L., Kulfan, J., Lawson Handley, L., Lombaert, E., Loomans, A., Losey, J., Lukashuk, A.O., Maes, D., Magro, A., Murray, K.M., San Martin, G., Martinkova, Z., Minnaar, I.A., Nedved, O., Orlova- Bienkowskaja, M.J., Osawa, N., Rabitsch, W., Ravn, H.P., Rondoni, G., Rorke, S.L., Ryndevich, S.K., Saethre, M.-G., Sloggett, J.J., Soares, A.O., Stals, R., Tinsley, M.C., Vandereycken, A., van Wielink, P., Viglašova, S., Zach, P., Zakharov, I.A., Zaviezo, T., Zhao, Z. (2016). The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. Biological Invasions. 18: 997-1044.

- Roy, H.E., Rudge, H., Goldrick, L., Hawkins, D. (2007). Eat or be eaten: prevalence and impact of egg cannibalism on two - spot ladybirds, *Adalia bipunctata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 125: 33-38.
- Roy, M., Brodeur, J., Cloutier, C. (2005). Seasonal activity of the spider mite predators *Stethorus punctillum* (Coleoptera, Coccinellidae) and *Neoseiulus fallacis* (Acarina, Phytoseiidae) in raspberry, two predators of *Tetranychus mcdanieli* (Acarina, Tetranychidae). *Biological Control*. 34: 47-57.
- Roy, S.K., Ali, M.S., Mony, F.T.Z., Islam, M.S., Matin, M.A. (2014). Chemical control of whitefly and aphid insect pest of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 2(2): 69-75.
- Savoiskaya, G.I. (1966). The significance of Coccinellidae in the biological control of apple - tree aphids in the Alma - Ata fruit - growing region. In I. Hodek (ed.). *Ecology of Aphidophagous Insects*. Academia, Prague and W. Junk, The Hague, pp. 317-319.
- Savoiskaya, G.I. (1970). Coccinellids of the Alma - Ata reserve. *Trudy Alma - Atin. Gos. Zapov.*, 9: 163-187.
- Savoiskaya, G.I. (1983). *Kokcinellidy*. Izdatelstvo Nauka Kazachskoi SSR, Alma - Ata., 246 pp.
- Schaefer, P.W. (1983). Natural enemies and host plants of species in the Epilachninae (Coleoptera: Coccinellidae). A world list. *Agric. Exp. Stn., Univ. Delaware Bull.* 445: 42.
- Shirai, Y., Yara, K. (2001). Potential distribution area of the Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan, estimated from its high - temperature tolerance. *Applied Entomology and Zoology*. 36: 409-417.
- Silva, A.X., Jander, G., Samaniego, H., Ramsey, J.S., Figueroa, C.C. (2012). Insecticide resistance mechanisms in the green peach aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) I: a transcriptomic survey. *PLoS One*. 7(6): e36366.
- Singh, R., Singh, G. (2016). Aphids and their biocontrol. In *Ecofriendly pest management for food security* (pp. 63-108). Academic Press.
- Singh, R., Singh, G. (2019). Species Diversity of Indian Aphids (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Biological Innovations*. 1(1): 23-29.
- Sloggett, J.J. (2008). Weighty matters: Body size, diet and specialization in aphidophagous ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*. 105: 381-389.
- Smith, K.M., Smith, D., Lisle, A.T. (1999). Effect of field - weathered residues of pyriproxyfen on the predatory coccinellids *Chilocorus circumdatus* Gyllenhal and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant.

- Australian Journal of Experimental Agriculture. 39: 995-1000.
- Soni, R., Deol, G.S., Brar, K.S. (2004). Feeding potential of coccinellids on mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.). Insect Environment, 10, 15–16.
- Sun, S. L., Abudisilimu, N., Yi, H., Li, S., Liu, T. X., Jing, X. (2022). Understanding nutritive need in *Harmonia axyridis* larvae: Insights from nutritional geometry. Insect Science. 29(5): 1433-1444.
- Sunderland, K.D., Crook, N.E., Stacey, D.L., Fuller, B.J. (1987). A study of feeding by polyphagous predators on cereal aphids using ELISA and gut dissection. Journal of Applied Ecology. 24: 907-933.
- Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents?. Annual Review of Entomology. 47(1): 561-594.
- Takeda, S., Hukusima, S., Yamada, H. (1964). Seasonal abundance in coccinellid beetles. Res. Bull. Fac. Agric. Gifu Univ., 19: 55-63.
- Triltsch, H. (1999). Food remains in the guts of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) adults and larvae. European Journal of Entomology. 96: 355-364.
- Turian, G. (1969). Coccinelles micromycetophages (Col.). Mit. Schweiz. Entomol. Ges., 42: 52-57.
- Ueno, H. (2003). Genetic variation in larval period and pupal mass in an aphidophagous ladybird beetle (*Harmonia axyridis*) reared in different environments. Entomologia Experimentalis et Applicata. 106: 211-218.
- Ullah, I. (2000). *Aspects of the Biology of the Ladybird Beetle Stethorus vagans (Blackburn) (Coleoptera, Coccinellidae)*. PhD thesis, University of Western Sydney, Richmond, Australia. <http://library.uws.edu.au/adt-NUWS/public/adt - NUWS20031103.132342>.
- Uygun, N. (1981). Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) faunası üzerinde taksonomik araştırmalar. Bilimsel Araştırma ve İnceleme Tezleri: 48. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 157, 111s.
- Waterhouse, D.F., Norris, K.R. (1989). *Aleurodicus dispersus*. Biological Control, Pacific Prospects – Supplement 1. ACIAR monograph no.12. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, pp. 13-22.
- Wei, J.N., Bai, B.B., Yin, T.S., Wang, Y., Yang, Y., Zhao, L.H., Kuang, R.P., Xiang, R.J. (2005). Development and use of parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae & Aphelinidae) for biological control of aphids in China. Biocontrol Science and Technology. 15(6): 533-551.
- Weisz, R., Tarleton, B. (1999). Imidacloprid seed treatment: Effects on barley yellow dwarf virus, viral strains, aphid damage, yield and test weight of soft red winter wheat, 1996, 1997, 1998B. Arthropod Management Tests. 24(1).
- Wiebe, A.P., Obyrcki, J.J. (2004). Quantitative assessment of predation of

eggs and larvae of *Galerucella pusilla* in Iowa. Biological Control. 31: 16-28.

BÖLÜM 3

KURU FASULYE TÜRLERİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Öğr. Gör. | Ümran ŞEKER ERTUĞRUL¹

Öğr. Gör. Dr. | Murat ERTUĞRUL²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285901>

¹ Öğr. Gör., Yozgat Bozok Üniversitesi, Uzaktan Öğretim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yozgat, Türkiye, umran.seker@bozok.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-7142-8448>

² Öğr. Gör. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Tarım Makineleri Programı, Yozgat, Türkiye, murat.ertugrul@bozok.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0005-2036-7533>

GİRİŞ

Ziraat alanında, bölge şartlarına uygun doğru ürünlerin yetiştirilmesi ve tarım arazilerinin doğru kullanılması ürünlerde oluşan verimliliği olumlu yönde etkilemektedir (Pekşen ve Gülümser, 2005). Baklagillerin üretim alanlarının arttırılması ve ürün çeşitliliğinin genişletilerek üretime kazandırılması tarım alanında oldukça önemlidir (Kazydub vd., 2021).

Kuru fasulye, ekim alanı ve üretim açısından dünyada ilk sıralarda yer alan ve yemeklik olarak da kullanılan taneli baklagillerden birisidir. Bu baklagil türünün ıslahında güncel konulardan birisi, yüksek verimli çeşitlerin yaratılarak üretimin sürekli hale gelmesidir. Kuru fasulye, yetiştirilme ve tüketim açısından Türkiye tarımında büyük öneme sahiptir. Tarım alanındaki her ürün gibi kuru fasulyenin yetiştirilmesi için de uygun iklim şartlarının sağlanması verimlilik açısından önemlidir.

Kuru fasulye genetik çeşitliliği fazla olan bir baklagil türüdür. Türkiye de, kuru fasulyenin ekimi karışık türdeki tohumların popülasyonları şeklinde yaygın olarak yapılmaktadır. Türlerle göre ayırım yapılmadan üretim yapıldığı zaman ekonomik olarak büyük kayıplar yaşanırken kalite de düşebilir. Genetik olarak kuru fasulye türlerinin doğru belirlenmesi, tohum çeşitlerinin yetiştirilmesi ve tohum özelliklerinin belirlenmesi açısından oldukça faydalıdır. Tohum üretimi tarım ekonomisinin büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Çeşitliliğin doğru belirlenmesi ile daha uygun şartlar altında daha az maliyetle tohum üretimi yapılabilir. Yaygın olarak üretilen ve tüketilen kuru fasulye türlerinin ve genotiplerinin belirlenmesi, bitkisel üretimdeki ana süreçlerden birisidir. Türlerin belirlenmesi standartlara uygun tohum kullanımına yardımcı olmakla birlikte, verim açısından da oldukça önemlidir.

Kuru fasulye boyut, renk gibi özelliklere göre analiz edilerek sınıflandırılabilir. Kuru fasulye tohumlarının şekil ve çeşitlilik açısından manuel olarak ifade edilen yöntemler ile sınıflandırılması oldukça zor ve zaman alıcı olması sebebiyle uzun bir süreci kapsar. Makine öğrenmesi teknikleri, özellikleri (kalite, renk, büyüklük gibi parametreler) kullanarak sınıflandırmaya yardımcı olur. Türlerin sınıflandırılması uygun biçimde yapılırsa kalitesi daha kolay değerlendirilebilir (Koklu ve Ozkan, 2020).

Makine öğrenimi, bilgisayarların mevcut verilerden anlamasını ve tanımlanamayan hedeflerin varlığını tahmin etmesini sağlayan yapay zekanın bir alt alanıdır. Makine öğrenimi; matematik, istatistik, bilgisayar bilimi gibi alanlarda farklı disiplinlerin kesiştiği noktada ziraat, sanayi, eğitim, teknoloji gibi konuların araştırma alanı olmuştur. Bu araştırmalar, büyük ve heterojen kümelerden anlamlı bilgi çıkarmak için algoritmaların kullanılmasını içermektedir (Di Franco ve Santurro, 2021). Makine öğrenmesi uygulamalarında sınıflandırma yapmak için k-en yakın komşu, karar ağaçları, rastgele orman algoritması, yapay sinir ağları gibi çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, kuru fasulye türlerinin makine öğrenmesi teknikleri yardımıyla sınıflandırılması yapılmıştır.

1. VERİ SETİ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Kuru fasulye veri seti UCI veritabanından alınmıştır (Repository, 2020). Bu veri seti Şeker, Barbunya, Bombay, Cali, Dermosan, Horoz ve Sira olmak üzere 7 farklı tescilli kuru fasulyeye ait 13.611 veri içermektedir. Şekil, yapı, cins gibi özellikler dikkate alınarak; 12 boyut, 4 şekil verisi olmak üzere 16 özellikten oluşmuştur. Veri setinin içeriği aşağıdaki gibidir.

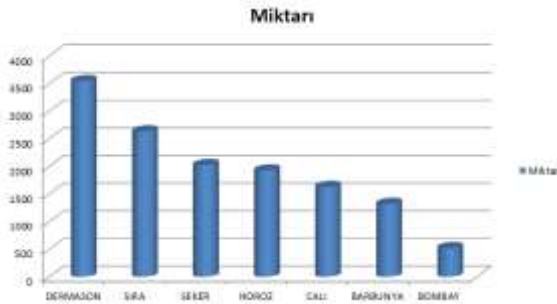
- Alan (A): Kuru fasulye bitkisinin bölgesinin alanını ve bu bitkinin sınırları içindeki piksel sayısını içerir.
- Çevre (P): Kuru fasulyenin çevresini, kenarlığının uzunluğu ifade eder.
- Ana eksen uzunluğu: Bir çekirdekten çekilebilecek en uzun çizginin uçları arasındaki mesafeyi içerir.
- Küçük eksen uzunluğu: Fasüyenin, ana eksene dik durumdayken çekirdekten çekilebilecek en uzun çizgiyi içerir.
- En boy oranı: Fasüyenin, L ve l arasındaki ilişkiyi tanımlar.
- Eksantriklik: Fasüyenin, bölge ile aynı momentlere sahip elipsin eksantrikliğini içerir.
- Dışbükey alan: Bir kuru fasulye çekirdeğinin alanını içeren ve en küçük dışbükey çokgen içersindeki piksel sayısını içerir.
- Eşdeğer çap: Kuru fasulye tohum alanı ile aynı özelliklere sahip dairenin çap değerine eşittir.

- Kapsam: Sınırlayıcı kutudaki piksellerin kuru fasulye alanına oranını içerir.
- Katılık: Dışbükeylik olarak da ifade edilmekte olup, dışbükey kabuktaki piksellerin kuru fasulyede bulunan kabuklara oranına eşittir.
- Kompaktlık : Bir cismin yuvarlaklığını ölçer:
- Yuvarlaklık(R), şekil faktörü1, şekil faktörü2, şekil faktörü3, şekil faktörü4' tür.

Tablo 1’de kullanılan kuru fasulye veri setine göre ürünlerin çeşitleri ve miktarları, Şekil 1’de kuru fasulye türünün miktarlarına göre dağılım grafiği gösterilmiştir.

Tablo 1: Kuru fasulye verisinin türlere göre dağılımları

Fasulye türü	Miktarı
DERMASON	3546
SIRA	2636
SEKER	2027
HOROZ	1928
CALI	1630
BARBUNYA	1322
BOMBAY	522



Şekil 1: Fasulye türlerinin miktarlara göre dağılım grafiği

2. MATERYAL VE YÖNTEM

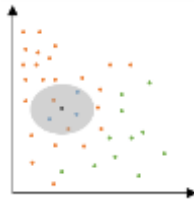
2.1. Sınıflandırma Methodları

2.1.1. K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbor Classifier, KNN) Algoritması

Benzerlik kavramı çok özel ve alana bağlı bir konu olduğundan dolayı mesafe ölçümlerinin kalitesini değerlendirmek oldukça zordur. Mesafe ölçümlerinin değerlendirilmesindeki en yaygın yaklaşımlar mesafeye dayalı sınıflandırıcıların sınıflandırma doğruluklarının değerlendirmesiyle yapılabilir. En yakın komşu tabanlı tekniklerin başarısı kullanılan mesafe ölçütlerinin kalitesine bağlıdır. Bu algoritma, en yakın değerlerin bulunduğu genelleme algoritmasıdır. Sadeliği ve etkinliği ile bilinen denetimli öğrenme algoritmasıdır. En yakın komşu kuralı en eski yöntemlerden birisidir. Verileri tutarlı kümeler halinde gruplandırır. Önceden eğitilen veriler üzerinden veri benzerliğine göre yeni girilen verileri alt gruplara ayırır ve sınıflandırır. Öznitelik boyutu büyük olursa algoritmanın sınıflandırma verimliliği azalır (Xing ve Bei, 2019). Esas olarak algoritma iki adımda gerçekleşir.

- Eğitim verilerinin kullanılması ve sınıflandırıcı oluşturulmasını sağlayan öğrenme adımı,
- En yakın komşu tekniğine göre sınıflandırıcının değerlendirilmesidir (Taunk vd., 2019).

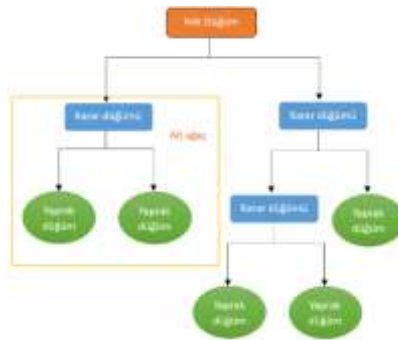
Verilerin k adet noktaya uzaklığını hesaplamak için Öklid, Manhattan, Minkowski gibi uzaklık ölçütleri kullanılır. K parametresinin seçimi zorlu bir süreçtir. K değeri çok küçük seçilirse gürültü noktalarında hassasiyet gösterebilirken, çok büyük seçilirse büyük bir gruba ait olabilir. En yakın komşu değeri zaman serisi ve veri kümelerinde önem taşır (Geler vd., 2020). Şekil 2' de KNN sınıflandırma algoritmasının yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2: KNN sınıflandırma algoritması

2.1.2. Karar Ağaçları (Decision Tree Classifier, DT)

Makine öğreniminde yaygın olarak kullanılan güçlü yöntemlerden birisidir (Charbuty ve Abdulazeez, 2021). Sınıflandırma ve tahmini gerçekleştirmek için kök düğüm, iç düğüm ve yaprak düğüm içerir. Her dal bir kuralı temsil eder. Her yaprak düğüm bir sınıfa karşılık gelir. Kuralları oluştururken böl ve fethet yöntemini içermesi anlaşılmasını kolaylaştırır. En büyük zorluk kök düğümün bulunmasıdır. En popüler iki özellik seçimi olan Gini indeksi ve entropiyi bilgi kazanımı için kullanır (Yadav ve Thareja, 2019). Yüksek sınıflandırma doğruluğu ve güçlü sağlamlık sağlar. Aşırı uyumlu olma eğiliminde olduğu için ağaç kolayca etkilelenebilir. Budama ve çapraz doğrulama ile bu sorun çözülebilir. Budama işlemi ile fazla dallar önceden kesilebilir. Karar ağacı, bilgi kazanımının kullanımı ile oluşarak verilerin bölünmesi işlemi için maksimum entropi azaltma özelliğini seçilebilir (Zhou vd., 2021). Şekil 3'te karar ağaçları sınıflandırma algoritmasının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3: Karar ağaçları sınıflandırma algoritması

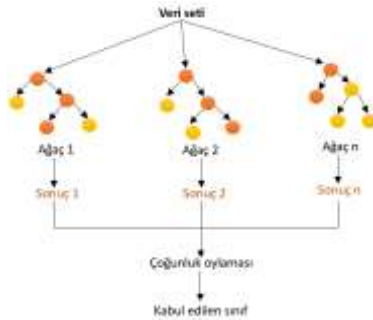
2.1.3. Rastgele Orman (Random Forest Classifier, RF) Algoritması

2001 yılında Breiman tarafından sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek amacıyla geliştirilen bir tür toplu öğrenme yaklaşımıdır. Bu algoritma, aynı sorunu çözmek amacıyla birden fazla modeli entegre etmesi ve içerisinde birden çok sınıflandırıcı kullanarak daha doğru sonuçlar elde ettiği düşünülen bir model olduğu için topluluk sınıflandırmasına katılmaktadır. Önemli ölçüde farklı ağaç yapılarına ve

bölmeye sahip bu algoritma, çeşitli topluluk ağaç modelleri arasında farklı fazda aykırı değer örneğini teşvik eder. Bu yüzden tahmin aşamasında aşırı uyum azalır. Kullanıcı tarafından belirtilen sayıda ağacı genişleterek, yüksek varyans ve düşük sapma değerine sahip ağaçlar üretir. Aykırı değerleri tespit etmek için yakınlık hesaplaması kullanır. Aykırı ve gürültülü değerlere karşı dayanıklıdır. Bu algoritma, giriş değerleri ve çıktı parametreleri arasındaki ilişkinin geliştirilmesi açısından esnek ve hızlıdır. Diğer ağaç topluluğu yöntemlerine oranla hesaplama açısından daha hafiftir. Büyük veri kümelerinin işlenmesinde diğer makine öğrenmesi algoritmalarından daha etkilidir (Khan vd., 2021). Bireysel karar ağaçları kolayca yorumlanabilirken, rastgele orman algoritması içerisinde birden çok karar ağacı toplandığı için yorumlanabilirlik kaybolur. Bu durum tahmin görevindeki performansını etkilemez (Schonlau ve Zou, 2020). Eğitim aşamasında rastgele seçilen bir alt kümeden bir dizi karar ağacı oluşturulur (Kaur vd., 2019). Her ağaç oluşturulurken, her karar düğümünde yalnızca rastgele bir özelliğin alt kümesi seçilmektedir (Georganos vd., 2021). Tüm açıklayıcı değişkenleri kullanmak yerine, her bölme düğümünde yalnızca rastgele bir değişken alt kümesine izin verir. Ağaçların çeşitliliğini sağlamak amacıyla genel olarak iki düzeyde rastgelelik kullanılır.

- Aynı ve farklı olan eğitim verilerinde örneklem büyüklüğü,
- Her birinde bölme işlemini gerçekleştirmek için açıklayıcı değişken seti düğümüdür.

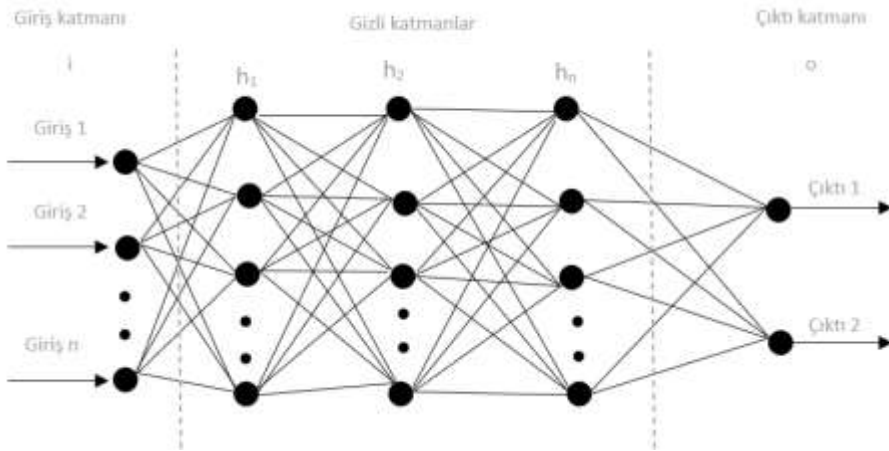
Açık, anlaşılır, karar verme sürecinin mükemmel olması nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilir (Sheykhmousa vd., 2020). Şekil 4'te rastgele orman sınıflandırma algoritmasının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4: Rastgele orman algoritması

2.1.4. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network Classifier, ANN)

İnsan beyni biyolojik olarak en karmaşık organdır. Canlıları oluşturan biyolojik sinir ağlarının insan beyin yapısının bilgisayar ortamında taklit edilmesiyle yapay sinir ağları oluşturulmuştur (Zhang vd., 2019). Biyolojik sinir ağlarının aşırı soyutlanmış halidir. Beynin ve sinir sisteminin elektrik aktivitesini simüle eder. İnsan beyninin biyolojik yapısında nöronların hücre gövdesi, akson ve dendrid olmak üzere üç ana yapısı vardır. Tek kutup, iki kutup ve çok kutup olmak üzere sınıflandırılmasını sağlayan çeşitli şekil ve işlevlere sahiptir (Hasson vd., 2020). Bu algorithmada, bir katmanın çıktısı bir sonraki katmana girdi olacak biçimde bir katman veya vektör halinde düzenlenir (Walczak, 2019). Şekil 5'te yapay sinir ağları sınıflandırma algoritmasının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5: Yapay sinir ağları mimarisi (Bre vd., 2018)

2.2. Performans Değerlendirme Metrikleri

Sınıflandırma için model geliştirildikten sonra modelin başarıları metrikler kullanılarak ölçülmektedir. Sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra her veri aşağıda belirtilen dört gruptan birisine ait olur.

- **Gerçek Pozitif (True Positive, TP):** Bu değer, uygulanan modelin pozitif bir örneği kaç kez pozitif olarak doğru sınıflandırdığını ifade eder.

- **Yanlış Negatif (False Negative, FN):** Bu değer, modelin pozitif bir örneği kaç kez negatif olarak yanlış sınıflandırdığını ifade eder.
- **Yanlış Pozitif (False Positive, FP):** Bu değer, modelin negatif bir örneği kaç kez pozitif olarak yanlış sınıflandırdığını ifade eder.
- **Gerçek Negatif (True Negative, TN):** Bu değer, modelin negative bir örneği kaç kez negatif olarak doğru sınıflandırdığını ifade eder.

Makine öğrenmesi algoritmaları ile elde edilen tahmini değerler ve gerçek sonuçlara ait sınıflandırma performansının karşılaştırılması karışıklık matrisi ile hesaplanabilir. Doğruluk, hata oranı, kesinlik, duyarlılık, f1 skoru gibi çeşitli hesaplama metrikleri kullanılarak değerlendirmeler analiz edilebilir.

Doğruluk (Accuracy): Belirli bir ölçüm setinin gerçek değerine yakınlığını ölçer (Chicco ve Jurman, 2020). (1)

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

Hata oranı (Error rate): Gerçek modele göre yapılan hesaplamanın tahmin hatasının ölçülmesidir. (2)

$$\text{Error rate} = 1 - \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

Kesinlik (Precision): Ölçümlerin birbirine yakınlığının ölçülmesidir. (3)

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

Duyarlılık (Recall): Modelin pozitif örnekleri algılama yeteneğini ölçer. (4)

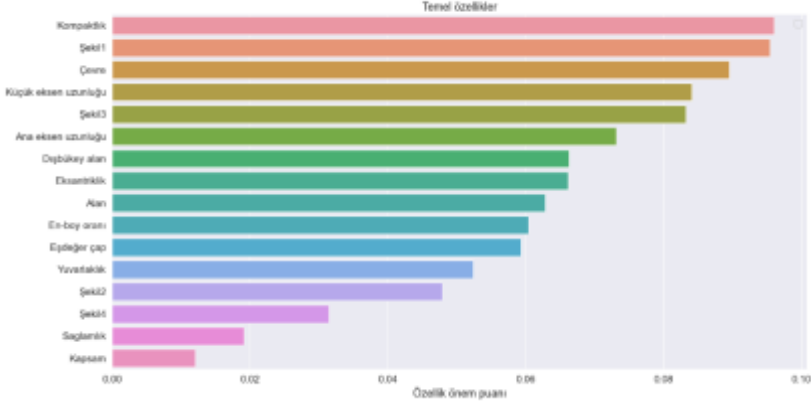
$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

F1 skoru: Azınlık pozitif sınıf değeri için kesinlik ve geri çağırmanın harmonik ortalamasını hesaplayan hata ölçüsüdür. (5)

$$\text{F1 score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (5)$$

2.3. Özelliklerin Önem Sırasının Belirlenmesi

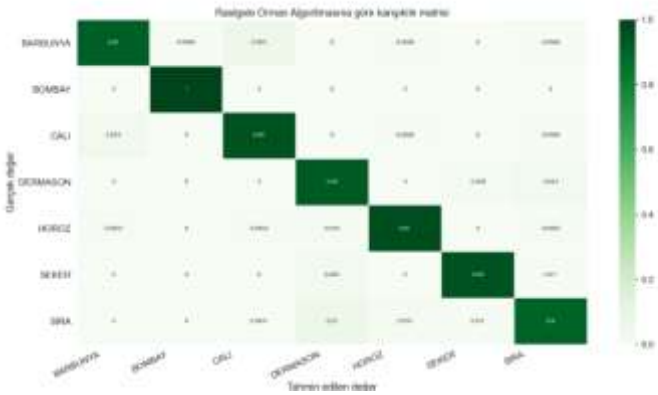
Şekil 6'da kuru fasulye türlerinin sınıflandırmasında kullanılan özelliklerin önem sırası gösterilmiştir.



Şekil 6: Kuru fasulye türlerinin sınıflandırılmasında kullanılan özelliklerin etkisinin belirlenmesi

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 7'de rastgele orman algoritmasına göre karışıklık matrisi hesaplanmıştır.



Şekil 7: Rastgele orman algoritmasına göre karışıklık matrisi

Belirtilen özelliklere göre kuru fasülyenin sınıflandırılmasında en belirgin türün BOMBAY olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2: Kuru fasulye baklagilinin sınıflandırma performansının değerlendirilmesi

Performans ölçütleri	KNN	DT	RF	ANN
Doğruluk (Accuracy) (%)	0.92	0.89	0.93	0.93
Hata oranı (Error rate) (%)	0.07	0.10	0.06	0.06
Kesinlik (Precision) (%)	0.94	0.90	0.94	0.94
Duyarlılık (Recall) (%)	0.93	0.90	0.93	0.93
F1 Skoru (%)	0.93	0.90	0.93	0.94

Bu çalışmada, ilk olarak özelliklerin sınıflandırma başarısına etkisi incelenmiştir. Özelliklerin önem sırası belirlendikten sonra özellik seçimi yapılarak zaman ve kaynak tasarrufun yapılması planlanmıştır. Ama bütün özelliklerin sınıflandırma başarısını olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Kuru fasulye veri setinin sınıflandırılmasında en başarılı sonuçlar yapay sinir ağları ile elde edilmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarım arazilerinin bölge iklim koşullarına uygun olarak işlenmesi üretimi olumlu yönde etkilemektedir. Ülkemizde üretim açısından baklagiller tarım alanının önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Bölge şartlarına uygun ürünlerinin yetiştirilmesinde tohum ıslahı büyük bir önem taşımaktadır. Bölgedeki araziye işlenecek olan ürünlerin türlerinin ve yetiştirilme koşullarının bilinerek koşullara uygun ürünlerin üretilmesinin sağlanması önemlidir. Üretim yapılırken alana tek tür tohumun ekilmesi üretim sonrası süreçte ürünün satış sürecini olumlu yönde etkilemektedir. Tarım alanında manuel olarak analizlerin yapılması zaman alması ve sürecin zorlu olması sebebiyle günümüzde daha az tercih edilmektedir. Bu çalışmada, baklagiller grubunun en önemli besini olan kuru fasulye türlerinin makine öğrenmesi teknikleriyle analiz edilmesine dair bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Kuru fasulye türlerinin analiz edilmesinde özelliklerinin analiz sürecine etkisi değerlendirilmiştir. Örnek sayısı veya özellik sayısı arttırılarak daha başarılı sonuçların elde edileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Bre, F., Gimenez, J. M., Fachinotti, V. D. (2018). Prediction of wind pressure coefficients on building surfaces using artificial neural networks. *Energy and Buildings*, 158: 1429-1441.
- Charbuty, B., Abdulazeez, A. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(1): 20-28.
- Chicco, D., Jurman, G. (2020). The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC genomics*, 21: 1-13.
- Di Franco, G., Santurro, M. (2021). Machine learning, artificial neural networks and social research. *Quality & quantity*, 55(3): 1007-1025.
- Geler, Z., Kurbalija, V., Ivanović, M., Radovanović, M. (2020). Weighted kNN and constrained elastic distances for time-series classification. *Expert Systems with Applications*, 162: 113829.
- Georganos, S., Grippa, T., Niang Gadiaga, A., Linard, C., Lennert, M., Vanhuyse, S., Kalogirou, S. (2021). Geographical random forests: a spatial extension of the random forest algorithm to address spatial heterogeneity in remote sensing and population modelling. *Geocarto International*, 36(2): 121-136.
- Hasson, U., Nastase, S. A., Goldstein, A. (2020). Direct fit to nature: An evolutionary perspective on biological and artificial neural networks. *Neuron*, 105(3): 416-434.
- Kaur, P., Kumar, R., Kumar, M. (2019). A healthcare monitoring system using random forest and internet of things (IoT). *Multimedia Tools and Applications*, 78: 19905-19916.
- Kazydub, N., Kuz'mina, S., Plenteva, M., Smirnov, I. (2021). *Evaluation of the adaptability of dry bean varieties grown under conditions of organic farming*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Khan, M. A., Memon, S. A., Farooq, F., Javed, M. F., Aslam, F., Alyousef, R. (2021). Compressive strength of fly-ash-based geopolymer concrete by gene expression programming and random forest. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-17.
- Koklu, M., Ozkan, I. A. (2020). Multiclass classification of dry beans using computer vision and machine learning techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174: 105507.
- Pekşen, E., Gülümser, A. (2005). Bazı fasülye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve verim unsurları arasındaki ilişkiler ve path analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3): 82-87.
- Repository, U. I. M. L. (2020). Dry bean dataset. from <https://archive.ics.uci.edu/dataset/602/dry+bean+dataset>

- Schonlau, M., Zou, R. Y. (2020). The random forest algorithm for statistical learning. *The Stata Journal*, 20(1): 3-29.
- Sheykhmousa, M., Mahdianpari, M., Ghanbari, H., Mohammadimanesh, F., Ghamisi, P., Homayouni, S. (2020). Support vector machine versus random forest for remote sensing image classification: A meta-analysis and systematic review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13: 6308-6325.
- Taunk, K., De, S., Verma, S., Swetapadma, A. (2019). *A brief review of nearest neighbor algorithm for learning and classification*. Paper presented at the 2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS).
- Walczak, S. (2019). Artificial neural networks *Advanced methodologies and technologies in artificial intelligence, computer simulation, and human-computer interaction* (pp. 40-53): IGI global.
- Xing, W., Bei, Y. (2019). Medical health big data classification based on KNN classification algorithm. *IEEE Access*, 8: 28808-28819.
- Yadav, K., Thareja, R. (2019). Comparing the performance of naive bayes and decision tree classification using R. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 11(12): 11.
- Zhang, Q., Yu, H., Barbiero, M., Wang, B., Gu, M. (2019). Artificial neural networks enabled by nanophotonics. *Light: Science & Applications*, 8(1): 42.
- Zhou, H., Zhang, J., Zhou, Y., Guo, X., Ma, Y. (2021). A feature selection algorithm of decision tree based on feature weight. *Expert Systems with Applications*, 164: 113842.

BÖLÜM 4

SAĞLIK SEKTÖRÜNDE KENEVİRİN (*Cannabis sativa* L. ve *Cannabis indica* L.) ÖNEMİ

Prof. Dr. | Yusuf UZUN¹

Ecz. | İrem KARAMAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285917>

¹ Prof. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Eczacılık Bölümü, Van, Türkiye, y.uzun@yyu.edu.tr, Orcid ID:0000-0002-0537-4517

² Yrd. Ecz. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Eczacılık Bölümü, Van, Türkiye, iremnazk.00@gmail.com, Orcid ID: 0009-0004-4092-2787

GİRİŞ

Kenevir bitkisi birçok sektörde kullanılmaktadır. Bitkinin saplarının içerdiği lifler, dokuma, iplik ve kumaş yapımında, hamurlu kısımlarından ise kağıt üretiminde kullanılmaktadır. Aynı zamanda kenevir tohumlarından elde edilen kenevir yağı ve proteini de gıda olarak kullanılmaktadır. 1930 yıllarında öforik kullanımının hem suistimal edilmesi hem de ticari kayguların olması nedeniyle uzun yıllar yasaklı/kısıtlı bir bitki olarak kalan kenevir yeni nesil kullanım alanları ve özellikle insan sağlığına etkilerinin bilimsel olarak araştırılmasıyla tekrar ön plana çıkmıştır. Birçok ülkede kenevirin kullanılmasıyla ilgili yasalar mevcuttur. Türkiye’de de kenevirin endüstriyel kullanımı ile ilgili gelişmeler olduğu gibi medikal kenevir içinde yeni gelişmeler mevcuttur.

Ana vatanı Orta Asya olup *Cannabis* sp. (kenevir) dünyada bilinen en eski kültür bitkilerinden biridir (Doğan vd., 2023). *Cannabaceae* familyasının ait *Cannabis sativa* L. ve *C. indica* türleri tıbbi amaçlı kullanılmaktadır.

C. sativa ilk defa Linnaeus tarafından 1753 yılında adlandırılmıştır. 1785 yılında Lamarck tarafından *C.sativa*’dan morfolojik olarak farklı ve Hindistan kökenli olan *Cannabis indica* L. türü tanımlamıştır. 1924 yılında Janischevsky tarafından Rusya’da, bilinen diğer iki türden farklı özellikleri olan sativanın alt türleri bulunmuştur. Bazı botanikçiler tarafından *C. indica* ve *C.ruderalis*’in *C.sativa*’nın alt türüleri olarak düşünülse de kenevirin üç türü olduğu düşüncesi birçok botanikçi tarafından ortak kandıdır (Schultes vd., 1974; Anderson, 1980; Gönen, 2009; Hayıt ve Yazıcı, 2023).

Cannabis sp. bitkisinin varyantları arasında morfolojik özellikler, fitokimyasal içerik ve coğrafi dağılım yönünden farklılıklar bulunmaktadır. *Cannabis* sp. bitkisinin konsantrasyonu, bitkinin özellikleri (doku türü, yaş vb.) ve çevresel faktörlerine (sıcaklık, nem, ışık vb.) göre değişkenlik göstermektedir. *C. sativa*, 500’den fazla kimyasal bileşen içerir ve bu içerdiği fitokimyasallardan alfa 9-tetrahidrokannabinol (THC) ve kannabidiolün (CBD) farmakolojik özellikleri bakımından kapsamlı olarak araştırılmaktadır. *C. sativa* bitkisinin tıpta kullanımının ilk kaydı, Dünya’nın en eski farmakopesi olan Shen-nung pen ts’ao ching’da bulunmaktadır. Bu farmakopede *Cannabis* sp. bitkisinin romatizma ağrısı, gut ve sıtma gibi 100’den fazla hastalıkta faydalı olduğu kabul edilmiştir. Fakat uzun süreli

kullanımında psikoaktif etkisi olduğu bilinmektedir (Gökgöz ve Yılmaz Can, 2021).

Yetiştirme geçişi uzun olan *Cannabis* sp. (kenevir) bitkisinin tam olarak çıkış noktasını belirlemek zordur. Moleküler analize dayalı filogenetik çalışmalar ve antik- antik olmayan türlerin sekans homolojisi üzerinde çalışmalar sırasıyla arkeobotanik ve modern örneklerden elde edilen modern DNA, birçok araştırmacı tarafından incelenmesiyle Orta Asya kökenli olduğuna ve Avrupa'ya kültür bitkisi olarak geldiği konusunda ortak görüşe sahiptirler (Gizlenci vd.,2019; Yazici, 2023a; Yılmaz vd., 2023).

C. sativa'nın ülkemizde yetiştirilmesi hakkında resmi gazetede yayımlanan “Kenevir Yetiştiriciliği ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik” itibari ile belirtilen iller; Antalya, Amasya, Burdur, Bartın, Çorum, Kayseri, Kastamonu, Karabük, Kütahya, İzmir, Malatya, Rize, Ordu, Sinop, Samsun, Yozgat, Tokat, Zonguldak ve Uşak illeri ve ilçelerindeki çiftçilerin, yetiştiriciliği yapılacak olan şehirlerdeki en büyük idare amirliğine başvurularak yetiştirme izni alınması ile *C. sativa* bitkisinin lif, tohum ve sapının yetiştirilmesine başlanmıştır (Yazici ve Yılmaz 2022a; Yazici vd., 2020; Yazici, 2023b).

Bu çalışmada *C. sativa*'nın sistematikteki yeri, morfolojisi, tıbbi ve ekonomik özellikleri ile yetiştiriciliği hakkında bilgiler verilmiş ve Türkiye şartlarındaki durumu SWOT analizi kullanılarak sağlık alanında sektörel gelişimi literatürler ışığında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1. KENEVİR TARİHİ

Modern tıbbın gelişmesi ile geleneksel tıp alanı geride kalmıştır. Modern tıbbın gelişmesi için tedavilerin bulunması sürecinde bitkilerin geçmişteki tıbbi kullanımı önemli derecede katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Geleneksel tıbbın sıklıkla kullandığı kenevir bitkisi de modern tıbbın gelişmesi adına önemli bitkilerden birisidir. Kenevir bitkisinin tıbbi kullanımını belirten ilk yazılı referansı bulmak oldukça zordur. Kenevir bitkisi Asur, Mısır, Hindistan, Yunanistan, Roma İmparatorluğu ve İslam dünyasında en iyi tanınan bitkilerden biridir (Atlı vd., 2020; Yazici ve Yılmaz 2022b).

Kayıtlara göre, kenevir bitkisinin tıpta güçlü ve belirgin bir yerinin olduğu görülmektedir. M.Ö. 1400-2000 yılları arasında Sanskritçe ve Hintçe

kayıtlarda kenevirin faydalarından bahsedilmektedir. M.S. 40-90 ‘da Dioscorides ve M.S. 131-201’de Claudis Galen kenevirin tıbbi endikasyonlarını tanımladığı görülmektedir (Atlı vd., 2020).

Asurlular kenevir bitkisinin yalnızca tıbbi amaçla kullanmamışlardır aynı zamanda psikoaktif zihin değiştiren bir ilaç olarak da kullandıkları bilinmektedir. Son iki bin yılda *C. sativa* türü, Orta Doğu ve Afrika’ya yayıldığı ve İran ve Arabistan aracılığı ile İslam dünyasında da yer edinmeye başladığı bilinmektedir. Fakat islamiyette sarhoşuk kesin bir dille yasaklanmış olduğundan yüzyıllar boyunca kenevirin kullanımını da suistimali nedeniyle yasaklanmıştır. Kenevirin Amerika ve özellikle de Brezilya’ya eğlence ve tıbbi amaçla gelişi ilk olarak 17. ve 18. yüzyıllarda Afrika kölelerinin Güney Amerika’ya geçişi ile gerçekleştiği görülmektedir. Karayipler bölgesine de aynı şekilde Afrika kölelerinin geçişi ile yayılmıştır. Esrar kullanımının yoğun olduğu Batı Hint Adaları’na 1800 yıllarının ortalarında Hindistan ve Asya’nın çeşitli yerlerinden gelen işçiler aracılığıyla geldiği düşünülmektedir (Atlı vd., 2020).

Dioscorides’in yazdığı bazı çalışmalar üzerinden eski Yunanistan ve Roma’da tıbbi olarak kenevirin kullanıldığı ve ilk iki bin yılda kenevirin kullanımının sınırlandırıldığı fakat çeşitli ilaçlarda kullanıldığını ve bazı çeşitlerinin özellikle lif için yetiştirildiği bilinmektedir. Asya’da yüksek THC içeren kenevir ilaç olarak kullanıldığı fakat Avrupa’da ise 19 yy’a kadar ihmal edildiği bilinmektedir. “*Moreau de Tours*” olarak bilinen Fransız psikiyatr Jacques- Joseph Moreau 1830 yıllarında Afrika seyahatlerinde esrarın etkilerini gözlemleyerek psikoz ürettiğini ve zihinsel hastalıkların tedavisinde kullanılabileceği görüşünü ortaya koymuştur. 1830 yıllarında İrlandalı bir doktor Kalküta’daki İngiliz Kraliçesi için çalışırken kenevirin ağrı, sedasyon, iltahaplanma, kusma, kasılma ve spastisite amacıyla kullanılabileceğini belirtmiştir. Daha sonra 19 ve 20. Yüzyıllardaki doktorların hem akut hem de önleyici amacıyla baş ağrısı tedavisinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Kenevir, erken yıllarda İngiliz ve Amerikan farmakopelerinde baş ağrısı tedavisi için yerini almıştır. Dünya savaşında, afyon yerinde antispazmodik, analjezik, hipnotik ve yatıştırıcı amacıyla kullanılmıştır. Aynı zamanda uykusuzluk, anoreksi, cinsel işlev bozukluğu, boğmaca ve astım gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde de etkili bir şekilde kullanılmıştır. İkinci dünya savaşı sonrasında hem ürün kalitesinin düşmesi hem de alternatif ilaçların

bulunması aynı zamanda da esrarın kanunlarla yasaklı madde olarak ilan edilmesi sonucunda kenevirin tıbbi kullanımını sınırlanmıştır (Atlı vd., 2020).

Kenevir bitkisinin keyif verici ve tıbbi kullanımını Amerika, Rusya, Fransa ve Urugay gibi birçok ülkede kullanılması serbesttir. Birincil veya ilk tedavi olarak değil tamamlayıcı ve yardımcı ilaç olarak reçete edilmektedir (Atlı vd., 2020).

2. KENEVİRİN TAKSONOMİK ÖZELLİKLERİ VE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Kenevir yetiştiriciliğinde Çin öncü olmak üzere birçok ülkede yetiştirilmektedir. Kenevir yetiştiriciliğinde %40'ını Çin üstlenmektedir. Bu oran yaklaşık 44.000 tona karşılık gelmektedir. Güney Amerika'da Şili ve Avrupa'da ise Fransa en fazla yetiştiren ülkelerdir. Küresel endüstriyel kenevir pazar büyüklüğünün Grand View Research, Inc. tarafınca yayınlanan bir raporada, 2025 yılında 10,6 milyar ABD dolarına ulaşacağı öngörülmüştür (Oran, 2019).



Şekil 1: Kenevir gövdesi (Orijinal: Levent Yazıcı)

Kenevir ve kenevir yağının besin olarak avantajlarının farkedilmesi nedeniyle gıdalarda kullanımının artması beklenmektedir. Çin tekstil ürünleri ve kenevir kağıdının en büyük ihracatçısıdır. Kenevir bitkisini kullanan giyim mağazaları çoğu zaman malzemelerini Çin'deki fabrikalardan ve çiftçilerden almaktadır. Çin kenevir tohumu endüstrisinde her ne kadar hızlı ilerliyor olsa da Kanada gibi organize şekilde çalışmamaktadır. Günümüzde Kanada kenevir yağı, kenevir tohumu ve kenevir protein tozu gibi ürünlerin en büyük üreticisi ve

ihracatçısıdır. Kenevir ithalat pazarının %60-90'ını ABD oluşturmaktadır. Kanada'daki kenevir tohumları yüksek kaliteye sahiptir. Çünkü Kanada'da çiftçilerin sadece Health Canada'nın Onaylı Çeşitler Listesinde listelenmiş olan kenevir tohum çeşitlerini kullanmasına izin verilmiştir.

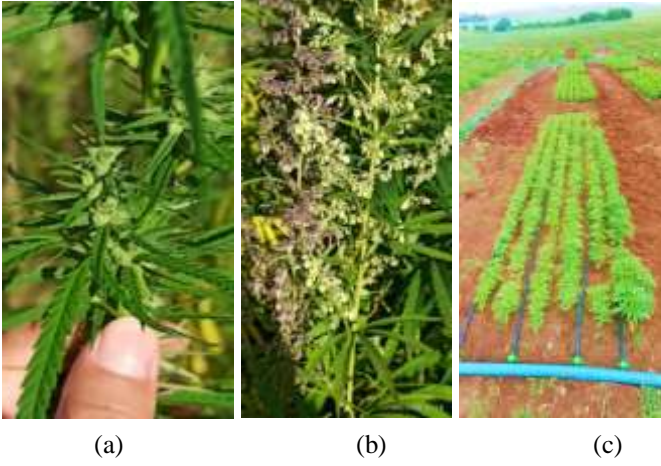


Şekil 1: Kenevir bitki boyu

Şekil 2: Kenevir sap görüntüsü



Şekil 4: Genel görünüm (Orijinal: Levent Yazici)



Şekil 3: Kenevir (a: dişi bitki, b: erkek bitki, c: deneme alanı) –Orjinal: Levent Yazıcı

Kanada'dan gelen bütün kenevir tohumlarında GDO onayı bulunmamaktadır. Avrupa'da kenevir, endüstriyel kullanımlara (otomobil ve inşaat malzemesi vb.) odaklanılmıştır. Avrupa'da kenevir üretimi genellikle Macaristan, Rusya ve Romanya gibi Doğu Avrupa ülkelerinde yetiştirilmektedir. Kanada, Fransa, İngiltere ve Çin olmak üzere 32 ülkede, çiftçiler tarafından kenevir yetiştirilmesine izin verilmektedir (Oran., 2019)

Dünya'da kenevir kullanımının artması ve sanayisinin yayılması nedeniyle Türkiye'de 29 Eylül 2016 yılında resmi gazete tarafınca yayınlanan "Kenevir Yetiştiriciliği ve Kontrolü Hakkında Yönetmeliği"ne göre 20 ilde kenevir ekimine izin verilmiştir. Yayınlanan yönetmeliğin hedefi, kenevirin suistimal edilerek üretiminin engellenmesi amacıyla izinli yetiştirilmesi ve izinsiz yapılması durumunda usul ve esasların belirlenmesini sağlamaktadır. Bu yönetmeliğe göre izin verilen kenevirin; tohum, lif, sap ve benzer amaçlarla yapılan yetiştiricilik yanı sıra kenevirin farklı organlarından elde edilen hint keneviri, kendir, çetene veya çedene olarak adlandırılan, *Cannabis* cinsine bağlı olan tüm tür ve alt türlerine ait olan bitkileri belirtmektedir. Yayınlanan yönetmelik tarafınca izin verilen iller; Antalya, Amasya, Burdur, Bartın, Çorum, Kayseri, Kastamonu, Karabük, Kütahya, İzmir, Malatya, Rize, Ordu, Sinop, Samsun, Yozgat, Tokat, Zonguldak ve Uşak illerde ve ilçelerinde yetiştirilmektedir. 2313 sayılı Kanun hükümlerine göre izinsiz yetiştirilen kenevirin imha edilmesi ve kanuni işlem başlatılması gerekmektedir (Yılmaz ve Yazıcı, 2022).

Kenevirin Taksonomisi;

- Alem (Kingdom): Plantae
- Takım (Ordo): Urticales
- Aile (Familiya): Cannabaceae
- Cins (Genus): Cannabis
- Tür (Species): *Cannabis sativa*

İkili adlandırma (Binominal nomenclature): *Cannabis sativa* L. (Polat ve Ekim, 2022). Kenevir, esrar otu veya kendir olarak da bilinen *Cannabis* cinsine ait tek yıllık, dioik, otsu ve çiçekli bir bitkidir. *C. sativa* özellikle lif ve yağ üretiminde kullanılması sebebiyle en yaygın türdür. *C.indica* ise “hint keneviri” olarak bilinen psikoaktif etkili bir başka kenevir türüdür (Yıldırım ve Koca Çalışkan, 2020).

Kenevir, ana bir kazık kök ile bundan çıkan ikincil yan köklerden oluşan bir kazık kök sistemine sahiptir. Kazık kök sistemi, toprağın yaklaşık 15-20 cm altından başlayarak ağ şeklinde toprağın derinlerine doğru inmektedir. Eğer toprak şartları olumsuz ise ana kök kısa kalarak, yan köklerin daha fazla geliştiği görülmüştür (Gizlenci vd., 2019).

Kenevirin sapları otsu ve sert bir yapıya sahiptir. Odun kısmı beyazdır ve bu kısmı yeşil bir kabuk ile sarıdır. Kenevirin çeşidi ve yetiştiği ortama göre değişiklik göstermekle birlikte çapı yaklaşık olarak 4-20 mm, uzunluğu ise 1-6 m arasında değişkenlik göstermektedir. Erkek kenevirlerin boyu dişi kenevire oranla daha uzundur. Kenevir sapı boğumlardan oluşmaktadır. Bu boğumların sayısı 9- 11 arasındadır. Boğum sayısı fazla değişkenlik göstermediğinden dolayı uzun olan kenevirlerin boğumları arasındaki mesafe de uzun kalmaktadır. Bu mesafe ile lif boyunun tayin edilmesi de sağlanmaktadır. Yaşlanan kenevirler odunlaşmaktadır (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir bitkisinin lifleri, sap kısmının kabuğunda huzmeler halinde bulunmaktadır. Sapın hipokotil olduğu yerde lif hücrelerinin sayısı daha az görülmektedir. 4. boğumdan 7-8. boğuma kadar primer lif hücrelerinin sayıları artar. Boğumlarda yukarı doğru gidildikçe huzme sayısı da azalmaktadır. Dişi kenevirin ise sap kısmı daha kalın ve lif verimi daha yüksektir. Erkek kenevirlerin sap kısmı ince, lif verimi düşüktür ancak lifin kalitesi dişi kenevire oranla daha yüksektir. Kenevir sapının %16-20’si liftir

ve lif ürününün %65'ini dişi kenevir lifleri oluşturmaktadır (Gizlenci vd., 2019).

Kenevirin erkek çiçekleri seyrek salkım şeklinde ve tohumları ince kabuğa sahiptir. Dişi çiçekleri ise sık yapraklar ile çevrili ve çiçeklerin etrafı trikomlar bulunmaktadır. Bu trikomlar reçine salgılamaktadır (Yıldırım ve Koca Çalışkan, 2020). Alt vejatatif kısmında yapraklar zıt, üst üreme kısmında ise yapraklar dönüşümlüdür (Werf, Van Der, 1991).

Kenevir, dioik bir bitki olup dişi ve erkek çiçekler ayrı bitkilerde bulunmaktadır. Fakat monoik formlarında görülebilmektedir. Erkek bitkinin çiçekleri, salkım sapına kısa sapçıklar ile birleşmiştir ve zengin bir çiçek salkımı ile son bulur. En dış bölümünde 3 adet brakte bulunmaktadır. Bu braktelerin içerisinde 5 adet periant kalıntısı ve bunların içerisinde de beyaz yuvarlak anter, 5 adet stamen ve ince filamentler bulunmaktadır. Stamenler, periant yapraklar arasında çiçek dışına sarkarlar. Anterlerin üzeri çok küçük siğilcikler ile kaplıdır. Rüzgarda kolaylıkla taşınan çiçek tozları sarı veya beyaz renktedir. Dişi çiçeklerin çiçek durumu sapsız, sık ve başak benzeri şekilde karşılıklı olarak çiftler çiftler yerleşmişlerdir. Her çiftte, sadece bir çiçek meyve bağlarken diğer çiçekler kısırdır. Dişi bitki, çok miktarda yapraklı, zengin, sık ve başağımsı çiçek topluluğu şeklindedir. Brakte yapraklar birleşmiş ve periantın üzerinde çiçeği belirgin şekilde sarmıştır. Dişi organ tek bölmeli yumurtalığa ve iki büyük tepeciğe sahiptir. Stigmalar açık döllenme için uygun ve tüylü yapıdadır (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir bitkisinin tohumları yumurtaya benzer şekilde kahverengi-yeşil renklere sert yapıda bir cevziciktir. İçindeki tohum endospermiktir ve embriyo meyve içerisinde kıvrılmıştır. Tek tohum halinde bulunması ve kabuğunun açılmaz halde sert olması sebebiyle cevzicik kenevir yetiştiriciliğinde tohumluk olarak yer edinmiştir (Gizlenci vd., 2019).

3. LİTERATÜR BİLDİRİŞİ

Cannabis sp. ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; ElSohly ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada Kenevirin (*Cannabis sativa*) bileşenleri - özellikle kannabinoidler - ana aktif bileşeni olan Δ 9-tetrahidrokannabinolün(Δ 9-THC) kimyasal yapısının keşfinden bu yana neredeyse yarım yüzyıldır kapsamlı kimyasal ve biyolojik araştırmaların odak noktası olmuştur. Bitkinin davranışsal ve psikotropik etkileri, başta Δ 9-THC

olmak üzere, esas olarak bitkinin yapraklarında ve çiçek tomurcuklarında üretilen bu bileşik sınıfının, yani kannabinoidlerin içeriğine bağlanmaktadır. $\Delta 9$ -THC'nin yanı sıra, kannabidiol (CBD), kannabikromen (CBC) ve kannabigerol (CBG) gibi çeşitli tıbbi işlevlere sahip psikoaktif olmayan kannabinoidler ve çeşitli doğal ürün sınıflarına ait diğer kannabinoid olmayan bileşenler de vardır. Bugün kenevirde 560'tan fazla bileşen tespit edilmiştir. Glokom, depresyon, nevralsi, multipl skleroz, Alzheimer ve HIV/AIDS ve kanser semptomlarının hafifletilmesi gibi bir dizi ciddi hastalığın tedavisinde potansiyel uygulamalarına ek olarak kenevir ve kannabinoidlerin tıbbi özelliklerinin son keşifleri, bu bitkinin kimyasını, biyolojisini ve tıbbi özelliklerini daha iyi anlama arayışına ivme kazandırmıştır.

3.1. Kenevirin Kimyasal Özellikleri ve Biyokimyası

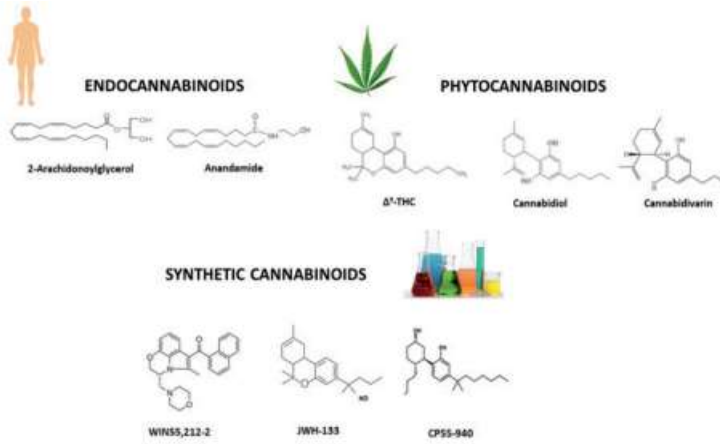
Kenevir bitkisinde 120'den fazla kannabinoid türü keşfedilmiştir. Kannabinoidler, terpenoidler ve alisiklik molekülleri içeren kimyasal bir yapıya sahiptir. Kenevirde yalnızca asidik kannabinoidler içermektedir. Molekül yapıları apolardır bu sebeple de sulu çözeltilerde çözünürlüğü düşüktür. Kaynama noktaları ise 157°C ile 220°C arasındadır. Aynı zamanda kannabidiol (CBD) termal açıdan kararsızdır, fotolitik reaksiyon ve oksidasyona karşı oldukça hassastır. Asidik formda bulunan kannabinoidler, insan vücudunun endokannabinoid sistemini nötr formda aynı şekilde etkilemediği ve farmakolojik açıdan aktif olmadığı düşünülmektedir. Tetrahidrokannabinol'ün (THC) kapalı formülü $C_{21}H_{30}O_2$ ve molekül ağırlığı 314,46 g/mol'dür. $\Delta 9$ -THC'ün suda düşük çözünürlük göstermesine rağmen bir çok organik çözücüde çözünürlüğü iyidir. Stereoizomer sayısı dört olup, (-)-trans- $\Delta 9$ -THC izomeri bitkilerde bulunan tek izomer olarak bilinmektedir. Bitkilerden elde edilen $\Delta 9$ -tetrahidrokannabinolik asit, $\Delta 9$ -THC'ün biyosentetik öncüsüdür. Bir diğer önemli bileşen olan CBD'nin kapalı formülü $C_{21}H_{30}O_2$ ve molekül ağırlığı da 314,46 g/mol olarak bilinmektedir. CBD suda çözünürlüğü neredeyse hiç yoktur fakat etanol, metanol, benzen, kloroform ve dietil eter gibi organik çözücülerde iyi çözünürlüğe sahip olduğu bilinmektedir (Beşir vd., 2022).

Kenevirin Biyokimyası ise kannabinoidler; monotermen ve poliketid alt yapılarından meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalarda 100'den fazla kenevir özünün izole edildiği bilinmektedir. En çok bulunan fitokannabinoidler

Kannabidiolik asit (CBDA), Kannabigerolik asit, Kannabinolik asit (CBNA) ve Tetrahidrokannabinolik asit (THCA) olarak bilinmektedir (Dündar A, 2022).

Kannabinoidler lipofilik olup ligant görevi görmektedir. Endokannabinoid sistemin bir parçası olup, G protein süper ailesine ait olan özel spesifik membran reseptörleri bulunmaktadır. Kannabinoidler üç sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıflar; fito, endo ve sentetik kannabinoidlerdir. Bitkilerdeki kannabinoidler, bitkisel kannabinoid olarak adlandırılırken insanlardakiler endokannabinoid olarak adlandırıldığı bildirilmiştir (Dündar A, 2022).

Endokannabinoidlerde kannabinoid reseptörler endojen liganlarını parçalanmasında ve taşınmasında kullanılan enzimlerden meydana gelmektedir. En fazla bulunan endokannabinoidler; 2- arşidonilgliserol ve anandamididir. Bu iki endokannabinoidte arşidonik asitten sentezlenebilmektedir. HU-210, HU-331, JWH-018, JWH-133, UR-144, SR 144528, WIN 55,212-2 sentetik kannabinoidler olarak tanımlanmıştır. Bunlarda dört gruba ayrılmıştır. Bu gruplar aminoalkylindoller, yağ asit amitler, klasik kannabinoidler, klasik olmayan kannabinoidler olarak adlandırılır. %44'ü aminoasitten oluşan hayvansal dokularda bulunan iki tane kannabinoid reseptör bulunmaktadır. Bu reseptörler CB₁R ve CB₂R olarak bilinir. CB₁R'nin en aktif olduğu bölge merkezi sinir sistemidir. Fakat yağ dokusu, endotel, karaciğer, akciğer, prostat, mesane, testisler, dalak, karın, vasküler gibi nöral olmayan dokularda ve periferik sinir uçlarında da tanımlanmıştır. CB₂R aktivitesi de merkezi sinir sisteminde görülse de en aktif olduğu bölge immün hücrelerin yüzeyinde bulunmaktadır. CB₂R'nin merkezi sinir sisteminde görülmesinin nedeni inflamasyon varlığıdır (Dündar A, 2022).



Şekil 4: Endo, fito ve sentetik cannabinoidlerin kimyasal yapıları (Fraguas-Sánchez A.I. ve Torres-Suárez A.I., 2018)

3.2. Kenever Kannabinoidlerinin Biyosentezi

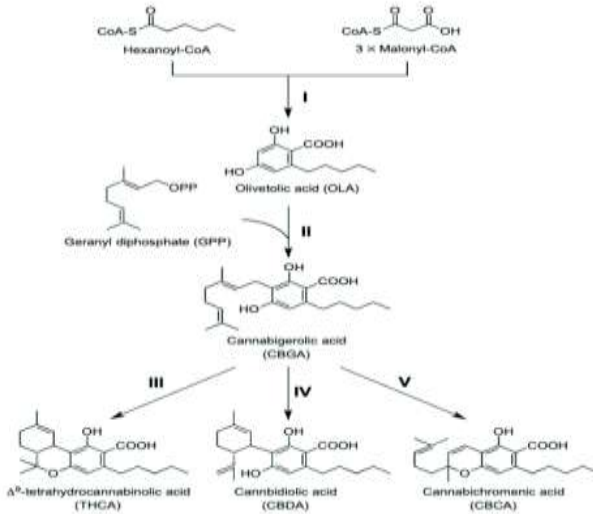
Kannabinoidler, THCA be CBDA olarak tanımlanan kenevirlerde biyosentezleri neticesinde oluşur ve burada birikirler. Biyosentezi üç katalitik adımda gerçekleştiği bilinmektedir. Poliketid oluşumu, prenilasyon ve oksidatif siklizasyon olarak üzere üç evrede meydana gelir. Bitkilerde fitokannabinoid sentezleri farklı adımlardan meydana gelmektedir ve farklı öncü maddelerden moleküller bu sürece katılım sağlamaktadır. Kannabinoidlerin sentez reaksiyonlarında katalitik aktiviteye sahip olan dört enzim yer almaktadır. Bu enzimler tetra-hidrokanabinolik asit sentaz, kannabigerolik asit sentaz, kannabikromenik asit sentaz ve kannabidiolik asit sentaz enzimleri bu süreçte yerini almaktadır. Etkin role sahip olanlar kannabigerolik asit sentaz enzimi prenil tansferaz iken, oksidoksiklaz özelliğe sahip olan enzimler ise tetra hidrokanabinolik asit sentaz, kannabik-romenik asit sentaz, kannabidiolik asit sentaz enzimleridir.

Kannabinoid sentezinin ilk adımında heksanoil-CoA ve üç molekül malonil-CoA kondenzasyon tepkimesi neticesinde poliketid oluşması ile olivetolik asit meydana gelmektedir. Bu reaksiyon olivetolik asit ve tetraketid sentaz enzimleri tarafından katalize etmektedir. Prenilasyon olarak adlandırılan ikinci basamakta kannabigerolik asit meydana gelmektedir. Kannabigerolik asitin önemli olmasının en büyük nedeni THCA ve CBA gibi

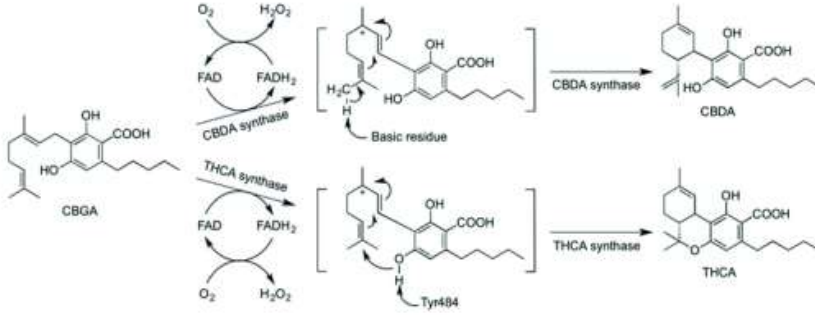
metabolitlerin öncü molekülü olmasıdır. Bu basamakta geranil pirofosfat olivetolik asit kondenzasyon tepkimesi ve prenil transferaz enziminin katalitik aktivitesiyle kannabigerolik asit meydana gelmektedir. Kannabigerolik asit monoterpenlerin stereoselektif oksidatif siklasyon aşaması ise kannabinoid sentezinin son aşamasıdır. Bu aşamada kannabidiolik asit, tetrakannabidiolik asit ve kannabicromerik asit biyosentezi gerçekleştirilmektedir. THCA ve CBA bileşenlerinin biyosentezi çiçeklerin trikومları ve yapraklarında meydana gelmektedir.

Bu bileşenlerin sentez aşamasında görev alan THCA sentaz, CBDA sentaz ve kannabinoid sentaz enzimlerinin katalitik aktivite kazanması için FAD molekülü kullanılmaktadır.

Δ^9 - tetrahidrokannabinol primer olarak karaciğerde sitokrom p450 (CYP2C19 ve CYP2C9) enzimi tarafından 11-hidroksi-THC molekülüne metabolize olmaktadır. Bu bileşen hızlı bir şekilde 11-nor-9-karboksi-THC metabolize edilerek kannabinoid olmayan bileşenler olan alkin ve terpenlere dönüştürülerek feçes ve idrardan atılımı sağlanır. Kannabidiol CYP2C19 ve CYP3A4 tarafından hidroksillendikten sonra feçes ve idrarla atılım sağladığı belirtilmiştir (Dündar A, 2022).



Şekil 5: Kannabinoidlerin biyosentetik yolu. İlgili adımları katalize eden biyosentetik enzimler aşağıdaki gibidir I. tetraketid sentaz ve olivetolik asit siklaz; II, CsPT4, preniltransferaz; III, THCA sentaz; IV, CBDA sentaz; V, CBCA sentaz (Taura F. vd., 2019)



Şekil 6: CBDA sentaz ve THCA sentaz arasındaki reaksiyon şemalarının karşılaştırılması (Taura F. vd., 2019)

3.2.1. Kannabinoidlerin Farmakolojik Özellikleri

Kannabinoidler palyatif bakımda tıbbi olarak sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Palyatif bakımda kullanımının sebebi nörotransmisyon modülatör görevlerinden kaynaklı antiemetik ve analjezik etkileridir. Endokannabinoidlerin; apoptozis, immün yanıtın oluşması, otofaji ve nörolojik süreçler gibi çoklu olayların düzenlenmesinde etki göstermektedir. Enflamatuvar hastalıklar, mikrobiyal enfeksiyonlar ve kanser gibi hastalıklarda da araştırma konusu olmuştur. Multipl skleroz (MS), epilepsi, beslenme bozuklukları, glokom ve nöropatik ağrı tedavisinde yarar sağladığı kanıtlanmıştır. Kanserler ve Huntington koresi, MS, Parkinson hastalığı gibi nörolojik bozukluklar gibi birçok patolojik durumda endokannabinoid aktivitesinde gözle görülür değişiklikler saptanmıştır. Kemoterapinin olumsuz etkilerinin azaltılması, antiemetik ve analjezik özelliği ve MS’de spastisitenin azaltılması gibi etkileri olması nedeniyle palyatif bakımda özellikle kannabinoidler ve kannabinoid bazlı formülasyonlar uygulanmaktadır (Erdoğan Özen ve Kaya, 2022).

Kannabinoidlerin miyokardın oksijen ihtiyacında artış, kalpte taşikardi, ortostatik hipotansiyon ve vazodilatasyona sebep olduğu gözlemlenmiştir. Üstelik endokannabinoid sinyalinin aterogenez patogenezinde ve klinik bulgularında önemli etki gösterdiği görülmüştür (Erdoğan Özen ve Kaya, 2022).

Farelerde yapılan deneyler sonucunda THC tarafından CB₂R aktivasyonu makrofaj alımını inhibe ettiği görülmüştür. Böylece ateroskleroz

plak ilerlemesini inhibe etmiş ve anandamid endotel hücrelerinde enflamatuvar gen ekspresyonunu ve buna bağlı olarak monosit adhezyonu inhibe olmuştur. CB₂R, lezyon makrofaj apoptozunu modüle etmesi sonucunda ateroskleroza etkilemektedir. Endokannabinodler aynı zamanda trombosit aktivasyonunu indüklemesi sonucu pro-aterosklerotik etkilere aracı olmaktadır. Artmış endokannabinoid sinyalleşmesinin akut trombotik olay riskinin artmasının ateroskleroz sürecini azaltmak için potansiyel farmakolojik yaklaşıma yol açıp açmayacağı ve hastalığın ilerlemesi ile ilişkisinin olup olmadığının bilgisi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Erdoğan Özen ve Kaya, 2022).

Kannabinoid reseptör sistemi, romatoid artrit (RA) ve osteoartrit (OA) ile ilişkilendirilen inflamasyon ve ağrının tedavisinde önemli bir terapötik hedef konumundadır. RA'lı hastalarda kullanılan Sativex ilacının, kannabidiol ve Δ 9-THC kombinasyonu hastalık aktivitesini düşürdüğü görülmektedir. Steroidal olmayan anti inflamatuvar ilaçların (NSAID'ler) siklooksijenaz inhibasyonu yolu ile endokannabinoidlerin sentezlenmesinde önemli bir enzim olan yağ asidi amid hidrolazı inhibe ettiği görülmüştür. RA ve OA'lı hastalarda sinoviyasında anandamid, 2-AG, CB₁R ve CB₂R sistemi bulunurken sağlıklı gönüllülerde sinovyal sıvılarında tepe palmitoiletanolamid seviyeleri daha yüksek görülmektedir. Bu PEA kaybının endokannabinoid reseptör sisteminde önemli fonksiyonel rolünü destekleyebileceği ve artrit hastalığına katkıda bulunabileceği görülmektedir. Aynı zamanda, TRPV1 ve CB₁ reseptörleri OA ağrısını kontrol etmede önemli hedefler olarak görülürken CB₂ reseptörleri hedef görülmemektedir. Kannabinoid ajulemik asidin, sistemik lupus eritematozus, osteoporoz ve romatoid artrit tedavilerinde IL-6'yı baskılaması gibi belirgin özellikleri bulunmaktadır. Mononükleer öncü hücrelerinde osteoklastogenezi inhibe eder aynı zamanda osteoklasta benzer hücrelerin apoptozunu indüklediği belirtilmiştir (Erdoğan Özen ve Kaya, 2022).

3.2.2. CBD'nin Farmakokinetik ve Farmakodinamik Özellikleri

Kannabinoidlerin büyük bir kısmı lipofilik yapıda olup uygulama türüne bağlı olarak dağıtım sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle THC ve CBD; yağ bazlı solüsyon veya sulu çözelti içinde yağ bazlı emülsiyon

hazırlama teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler dışında gelişen yeni nano ve mikro sistemler yardımıyla da kannabinoid dağıtımı sağlanabilmektedir. İlaç yarı ömrünü ve emilimini arttırmak, istenilen sürede istenilen dozun uygulanabilmesi, formülasyonun kararlı ve kolay olması gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı stratejiler kullanılabilir. Aynı zamanda farklı hastalıklara göre çeşitli kenevir formülasyonları hazırlanabilmektedir. Bunca yapılan çalışmalara rağmen kannabinoidlerin uygulama yolunu ve dozunu optimize etmek, terapötik ve yan etkileri ölçmek ve etkileşimleri hakkında yeni bilgiler edinilmesine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Parlak Khalily M, 2022)

CBD yüksek lipofiliteye sahip ($\log P=6-7$) olup ince bağırsakta vücudun diğer noktalarına göre daha iyi emilmektedir. CBD sistemik emilime geçmeden önce ilk geçişe uğraması sebebiyle oral alımda biyoyararlanımı %6-19 civarında görülmektedir. Kişinin aç- tok olması durumunda CBD biyoyararlanımında değişiklik görülmekte ve yemeklerle birlikte alınması durumunda biyoyararlanımında 3 kat artış gözlenmektedir. CBD'nin lipofilik yapısı nedeniyle adipoz dokulara, organlara ve beyne geçiş miktarı yüksektir.

CBD, sitokrom P450 enzim inhibitörüdür. Kullanımına bağlı olarak CYP2C9, CYP3A4, CYP2D6, CYP2B6 ve CY-P1A2 enzimleri inhibe olmakta ve bu sebeple bazı etkin maddelerle etkileşim gösterdiği düşüncesi öne sürülmektedir. Lennox- Gastaut sendromunda incelendiğinde CBD ve klobazam kombine olarak kullanımında klobazam metabolitlerinden biri olan N-desmetil klobazam konsantrasyonu tek başına klobazam kullanımına oranla 3 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu etkileşim, başka çalışmalarda da kullanılan etkin maddenin vücuttaki etkinliğinin arttırdığı gözlemlendiği gibi azalmasına sebep olduğu da görülebilmektedir (Toksoy MO, 2022).

Yapılan tolerabilite ve güvenli kullanım çalışmaları neticesinde CBD'nin kronik ve akut kullanımlarında beklenmeyen etkileri gözlenmemektedir. Epilepsi tedavisinde, anti-epileptik ilaçlarla kombine olarak kullanılan CBD, uyku benzeri yan etkiler gözlenmiştir fakat bu etkinin CBD'den kaynaklı olduğuna dair herhangi bir bulgu bulunamamıştır (Toksoy MO, 2022).

CBD'nin etki mekanizması tam olarak aydınlatılmamış olmakla birlikte anksiyolitik, anti-psikotik, anti-oksidan, anti-inflamatuvar, nöro-protektif ve anti-konvülzan etkili olduğu bilinmektedir. Bu etkilerin nöromodülatörler ve

nörotransmitterler ile etkileşimi sonucunda görüldüğü bilinmektedir (Toksoy MO, 2022).

CBD'nin CB₁ ve CB₂ reseptörleriyle yarışmalı olarak bağlanması nedeniyle diğer uyarıcıların bağlanması önlediği görülmektedir. Fakat CBD'nin reseptörlere karşı afinitesi düşük olup, etkinliğini gösterebilmesi için belirli bir konsantrasyon üzerinde olması gerekmektedir. (Toksoy MO, 2022).

- CBD özellikler damar düz kaslarında, kalp miyositlerinde ve endotel hücrelerde bulunan Adenozin A1 ve A2 reseptörleriyle etkileşmesi ile anti-aritmik etki göstermesi ve taşikardi oluşumunu engellediği görülmektedir.
- CBD'nin FAAH'ı inhibe etmesiyle fizyolojik sistem üzerinde etkili olan zevk, ödül ve ağrı bölgelerini uyaran AEA'nın yıkımını önlediği bildirilmiştir.
- CBD'nin, inflamasyon ve nöropatik ağrıdan sorumlu olan glisin reseptörlerini inhibe ederek etki gösterdiği bildirilmiştir.
- İnsan vücudunda bulunan opioid reseptörler, ağrı algısı, ruh hali ile ilişilili olan katekolamin ve serotonin yollarını içermektedir. Buna bağlı olarak uyarıcı yollarda dürtü iletimi ile ilişkilendirilmektedir. CBD'nin, özellikle μ ve δ opioid reseptörlerine göstermiş olduğu antagonist etki sebebiyle opioid bağımlılığında kullanılabileceği fikri öne sürülmektedir.
- GPR55'in aktivasyonu sonucunda kalsiyum salınımı görülmektedir. Buna bağlı olarak epileptik nöbetler ve nörodejeneratif etkiler görülebilmektedir. CBD'nin, GPR55 reseptörüne göstermiş olduğu antagonist etkiden kaynaklı epilepsi hastalıklarında kullanılabileceği düşünülmektedir.
- Peroksizom proliferatör aktive edici reseptör gama (PPAR- γ), hücrelerin büyümesi, farklılaşması ve apoptozis döngüsünü düzenlemektedir. CBD'nin PPAR - γ reseptörünü aktive ettiği; aktivasona bağlı olarak gözlenen anti-oksidan etkinin yanında ; nörodejeneratif hastalıklar ve kanser tedavilerinde de kullanılabileceği düşünülmektedir.
- CBD, serotonin, nöradrenalin, dopamin ve γ -aminobütirik asitin (GABA) sinaptosomal alımları inhibe etmektedir. Bunun sonucunda

birçok merkezi sinir sistemi hastalıklarında kullanılabileceği fikri öne sürülmüştür (Toksoy MO, 2022).

3.2.3.Oral/ Oral Transmukozal/ Dilaltı Dağıtım Formülasyonları

Kannabinoidler oral olarak alındığında vücudun kannabinoitle temas süresi daha uzun olmaktadır. Aynı zamanda yan etkiler de daha düşük görülmektedir. Farmasötik maddelerin genellikle oral uygulamaları güvenilir, kolay ve ağrısız olması gibi özelliklere sahip olması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Kannabinoidlerin sıklıkla kullanıldığı formülasyonları; yumuşak jel kapsüller, dilaltı damlalar, sıvı çözeltiler ve/veya ağız mukozası spreyi olarak, yağ ve/veya alkol ile elde edilen karışım olduğu bildirilmiştir (Parlak Khalily M, 2022)

Uzun süre ilaç kullanımı durumlarında oral kullanım hasta uyuncunu artırmaktadır. Oral ilaçların absorpsiyonunda en önemli yer ince bağırsaklardır. Fizikokimyasal özellikleri sebebiyle absorbe olamayan veya gastro-intestinal kanalda yıkıma uğramasına maruz kalan ilaçlar için uygun değildir. Bilinci kapalı olan veya bulantı- kusması olan hastalarda oral ilaç kullanımı olmaması dezavantaj özelliklerindedir.

Açlık ve tokluk durumları biyoyararlanımı etkilemektedir. Açlık durumunda %6 olan biyoyararlanım, tokluk durumunda %19-25'lere kadar çıkmaktadır.

Oral kullanımda yaşanan sorunların en önemlisi ilk geçiş etkisidir. İlk geçiş etkisine bağlı olarak biyoyararlanım önemli düzeyde düşmektedir (Toksoy MO, 2022).

Kannabinoidler her ne kadar in vitro çalışmalarda iyi bir farmakokinetik performans göstermiş olsa da lipofilik yapısı nedeniyle oral biyoyararlanım özelliği oldukça düşüktür. Lipid bazlı formülasyonlar hazırlanarak lipid yapısındaki ilaçların biyoyararlanımını arttırarak uygulanabilir. Katı tabletler ve kapsül peletler şeklinde formüle edilen yağlar, şu anda farmasötik dereceli bileşiklerin doğru ve uygun bir şekilde dozajın ayarlanmasına izin vermektedir. Kannabinoidlerde bazı farmasötik lipidler (ekspiyenlar) ve gıda lipidleriyle (zeytinyağı ve susam yağı gibi) birlikte kullanımıyla bağırsak lenfatik taşıma ile karaciğeri atlaması sağlanarak potansiyel presistemik metabolizmayı azaltabilir. Böylece karaciğerde sistem

öncesi metabolizmanın kaybına engel olarak kannabinoidler %22 biyoyararlanıma ulaşabilir (Parlak Khalily M, 2022).

Saflaştırılmış THC'nin iki farmasötik formu bulunmaktadır. THC'nin sentetik formu olan ve THC'ye oranla daha az psikoaktif özelliğe sahip olan dronabinol, ticari olarak Marinol ve Syndros® ticari markalarıyla piyasaya sunulmuştur. Marinol, susam yağı ile formüle edilerek 2.5, 5 veya 10 mg dronabinol içeren jelatin kapsüller olarak hazırlanmıştır. Syndros® ise 5mg/mL dronabinol içeren oral bir solüsyondur. Özellikle yutma zorluğu yaşayan ve susam yağına alerji gösteren kişiler için formüle edilmiştir. Her iki ilaç da kanser hastalarında bulantı- kusma ve AIDS hastalarında anoreksiye karşı FDA tarafından onaylanmıştır (Parlak Khalily M, 2022).

CBD tabanlı olan Epidiolex® ise susam yağı ve %10 etanol içinde çözülmüş (100mg/mL) saflaştırılmış CBD'nin, sıvı oral formülasyonudur. Susam yağının buradaki fonksiyonu Marinol'deki kullanımıyla aynıdır; düşük çözünürlüğe sahip aktif kannabidiol (CBD) emiliminin ve buna bağlı biyoyararlanımını arttırmaktadır. CardiolRx® aynı şekilde yağ ile formüle edilerek oral yolla verilen bir diğer markalaşmış CBD ürünüdür. Bu ürün kardiyovasküler hastalığı (CVD) olan COVID-19 hastalarının sonuçlarını düzeltmesindeki etkinliğini test etmek amacıyla bir faz 2/3 klinik denemesi FDA tarafından 2020 yılında onaylanmıştır (Parlak Khalily M, 2022).

Namisol®, THC'nin emilimini artırmak amacıyla tasarlanmış bir başka formülasyondur. Emülsifiye edici bir başka ilaç teknolojisi olan Alitra™ kullanılarak üretilmiş yeni bir saf THC tablet formülasyonuna sahiptir. Bu teknolojide çözünürlüğü artırmak için yüzey aktif madde sükroz monolaurat ile THC karıştırılarak, mikrogranüllerin hazırlanması ve daha sonra da diğer eksipyanlarla tablet haline getirilmesiyle elde edilmiştir. Postoperatif abdominal ağrı üzerine faz-2 klinik denemeler 2014 yılında tamamlanmıştır. Bu formülasyonun 2019 yılında Avustralya'da kanserle ilişkili anoreksiya tedavisi için faz-2 denemelerinin başladığı bilinmektedir (Parlak Khalily M, 2022).

Doğal ve sentetik kannabinoidlerin çözünürlüğünü arttırmak amacıyla çeşitli siklodekstrinlerin kullanımıyla alakalı çalışmalar ve alınmış patentler bulunmaktadır. Avusturalya'da bir şirket, nabilonun rastgele metillenmiş β -siklodekstrin (β -CD) inklüzyon komplekslerinin ilacın suda çözünürlüğü ve biyoyararlanımını büyük ölçüde arttırdığı bir formülasyon geliştirmiştir.

Geliştirilen bu ürünün, ağrı için pilot faz-2 denemesi 2016'da Avusturalya'da başlatılmış olup, yine Avusturalya'da yaşlılarda Parkinson hastalığı için faz-3 geliştirmesi çalışmaları devam etmektedir (Parlak Khalily M, 2022).

Birlikte kristalleştirme (co-crystallization), ilaç geliştirmede API'nin kimyasal bileşimini değiştirmeden biyoyararlanımı, kararlılığı ve çözünürlüğü artırmak amacıyla kullanılan bir tekniktir. Bir başka ilginç, fakat oldukça zor ve maliyetli teknik ise CBD'nin kimyasal modifikasyonudur. Bu modifikasyonların asıl amacı; kannabinoidlerin çözünürlük, stabilite ve biyoyararlanımlarında iyileştirme, istenmeyen toksik ve psikoaktif özelliklerini engellemektir. Sentetik kannabinoidler bu tekniğin ürünüdür. Bu tekniğin bir diğer ürünü ise kannabinoidlerin konjugatlarıdır. Akut ve kronik ağrının tedavisi için geliştirilen CBD/ naproxen konjugat bileşiği bu konjugatlara örnektir. Aynı zamanda, temozolamide ve 5-fluorouracil gibi antikanser ilaçlarını bir linker aracılığı ile CBD'ye bağlanması sayesinde oluşturulan konjugatlar da geliştirilmiştir (Parlak Khalily M, 2022).

Ağız mukozası spreyi olarak kullanılması amacıyla Nabiximols formülasyonları farklı hastalıkların tedavisinde bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Nabiximols; bileşimi, formülasyon ve dozda standardize edilmiş 1:1 oranlı THC:CBD kombinasyon ilacıdır. Multipl sklerozlu (MS) hastalarında ağrı tedavisi amacıyla kullanımı 25'den fazla ülkede onaylanmıştır. Bu formülasyonun dayandığı temel prensip, alkol ağırlıklı kosolvent sisteminin kullanılmasıdır. Suda çözünürlüğü olan THC ve CBD, belirli oranlarda su, propilen glikol ve etanol ile karıştırılması ile oral transmukozal yolla alınabilir homojen bir sıvı karışımı elde edilir ve sprey ile kullanılabilir (Parlak Khalily M, 2022).

Pure Green (ABD) şirketi, THC-CBD kombinasyonu içeren çeşitli ağız mukozası formülasyonu geliştirmiştir. Kireçlenme (osteoartrit) ve adet sancısı (dismenore) gibi problemleri tedavi etme amacıyla hazırlanan dilaltı (sublingual) çözünür tablet formülasyonlarının klinik çalışmaları devam etmektedir. Bu formülasyonlarda piyasadaki yağ/ alkol temelli ürünlerden daha farklı olarak, palmitoiletanolamit ve terpenler hem çözücü hem de THC-CBD kannabinoidlerinin etkinliğini arttırıcı bileşikler olarak kullanımları ile dikkat çekmektedir (Parlak Khalily M, 2022).

THC, CBD veya her ikisini de bulunduran oral transmukozal uygulama için önerilmiş olsa da patentlerde ve literatürde bunların formülasyonu ve

tıbbi endikasyonları hakkında çok az bilgi bulunması sebebiyle bu ürünlerden bahsedilmeyecektir (Parlak Khalily M, 2022).

3.2.4. Enjeksiyon (kas içi/ damardan/ deri altı) Yoluyla Dağıtım Formülasyonları

Kannabinoidlerin farmasötik olarak alımı için temel yol oral olarak belirlenmiş olmasına rağmen diğer yollar üzerine de çalışmalar devam etmektedir, bunlardan biri de enjeksiyon yoludur. Oral alımlarda; ağız ortamı (enzimler ve pH kaynaklı) stabilite, çözünürlük, ilacın emilim oranı ve hızı gibi faktörler, formülasyon hazırlanmasında göz önünde bulundurulmuş en önemli kriterlerden olması nedeniyle daha kompleks formülasyonlara gerek duyulur iken enjeksiyon gibi direkt verilen yollarda daha basit bir formülasyon yeterlidir. Fakat kannabinoidlerin çözünürlük problemi enjeksiyon yolunda da problem yaratmaktadır. Aynı zamanda oral olarak alımda toksik etki göstermeyen birçok formülasyon parenteral olarak verildiğinde ciddi toksisite gösterebilmektedir. Örneğin siklodekstrinlerin çoğu biyolojik membranlardan geçememektedir. Bu sebeple, oral olarak verildikten CD'ler pratik olarak toksik değildir. Fakat α -CD, β -CD ve metillenmiş CD'ler parenteral yolla verilmek için uygun değildir. Bu sebeple kannabinoidlerin CD ile formüle edilmiş formülasyonları, enjeksiyon uygulamaları için uygun olmadığı belirtilmiştir (Parlak Khalily M, 2022).

Kannabinoidlerin enjeksiyon yolu ile verilmesinde modern formülasyonlar; izotonik ajan (gliserol gibi), sürfaktan (Macrogol (15)-hidroksistearat, tween-80, PVP gibi), kosolvent (etanol, propilglikol gibi) içerir. Fakat kannabinoid içeren emülsiyonların da enjeksiyon yoluyla verildiği çalışmalar bulunmaktadır (Parlak Khalily M, 2022).

3.4.3 Topikal ve Transdermal Dağıtım Formülasyonları

Dermal formülasyonlar transdermal (sistemik etki için) ve topikal (lokal etki için) olarak ikiye ayrılmaktadır. Özellikle CBD'nin kullandığı transdermal ve topikal formülasyonları üzerinde oldukça fazla çalışmalar bulunmaktadır. Topikal uygulamalar için geliştirilen formülasyonlarda, cilt penetrasyon artırıcılardan yararlanılmaz. Bu sebeple CBD'nin çoğunluğu epidermiste kalır ve kan dolaşımına çok az (%1-5) girer. Transdermal formülasyonlarında CBD'nin biyoyararlanımını %20-40 veya daha fazla

artırabildiğini gösterilmiştir. Kannabinoidlerin, transdermal uygulaması, uzun süre etki sağlaması, ilk geçiş metabolizmasının minimum olması ve gastrointesitinal sistemden kaçınma gibi özellikleri nedeniyle oral uygulamaya göre önemli avantajlar gösterebilmektedir. Aynı zamanda lipofilik yapıya sahip olması nedeniyle kannabinoidlerin transdermal uygulamaları tercih edilmelerine sebep olur. Deri tabakası geçirgenliği aşılması gereken en önemli engel olarak görülmektedir. Bu sorunu iyileştirmek için, geçirgenlik artırıcılar (Transcutol- HP gibi) formülasyonlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Parlak Khalily M, 2022).

CBD ve CBD: THC karışımının terpenlerle, doğal jellerle (aleo vera jeli veya hyaluronik asit) ve çeşitli yağlarla (argan yağı, emu gibi) kombine edilerek topikal dağıtım ve transdermal etkinliğin artırıldığı formülasyonlar geliştirilmiştir. Tentür, jel ve krem şeklinde emülsiyon formülasyonları test edilmektedir (Parlak Khalily M, 2022).

Kannabinoidlerin topikal uygulamalarında ağırlıklı olarak cilt üzerinde olmakla birlikte oküler topikal uygulamalar için de geliştirilen formülasyonlar vardır. Özellikle THC ve THC türevi sentetik kannabinoidleri içeren topikal formülasyonların kullanılmasındaki amaç glokom hastalığında göz basıncını azaltmaya yönelik tedavi araştırılmaya ve geliştirilmeye devam etmektedir. Jamaika'da ticari olarak satışı olan THC türevi göz damlası, glokom hastalarında popüler olmasına rağmen etkinliğinin ve güvenilirliğinin kanıtlanmamıştır (Parlak Khalily M, 2022).

Birçok topikal CBD ürünü ABD, Kanada, Avusturalya ve Avrupa'da OTC düzenlemeleri kapsamında satılmaktadır. Kannabinoidlerin transdermal uygulamaları için ise değerlendirme aşamaları, erken pre-klinik çalışmaları, fare modelleri ve birkaç vaka çalışmalarından ibarettir (Parlak Khalily M, 2022).

3.4.4. Solunum Yolu (İntranazal ve İntrapulmoner)

Aracılığıyla Dağıtım Formülasyonları

3.4.4.1. İntranazal

Nazal uygulamalar, lokal, sistemik ve merkezi sinir sistemi etkili formülasyonlarının bulunması sebebiyle tedavi sürecinde önemli bir yere sahiptir. Burun yüzeyinin toplam alanı 150-160 cm² civarındadır. İlaç

molekülleri nazal uygulamalardan sonra absorblanması için mukus tabakasını aşır epitel dokuya ulaşması gerekmektedir. Epitel dokuyu aşan ilaçlar doğrudan sistemik dolaşıma (respiratöri bölgeden), beyin omurilik sıvısına (olfaktöri bölgeden) veya merkezi sinir sistemine geçebilmektedir (Toksoy MO, 2022).

Mukusun yüksek viskozite özelliğine sahip olması nedeniyle burundan uzaklaşma hızı düşüktür. Bu özelliği nedeniyle ilaç molekülü de mukusu aşarak epitel dokuya ulaşması için yeterli süreye sahip olmaktadır (Toksoy MO, 2022).

İlaçların nazal yoldan alınmasındaki avantajları;

- Non-invazif ilaç uygulaması olması,
- Karaciğerde ilk geçiş etkisinde maruz kalmaması,
- Absorbsiyon alanının geniş olması,
- İlaç moleküllerine karşı yüksek geçirgenlik,
- İlaç absorpsiyonunun hızlı olması ve buna bağlı olarak iyi biyoyararlanım göstermesi,
- Kan damarları bakımından zengin olması,
- Düşük enzim aktivitesi,
- Hastanın kendi uygulayabiliyor olması,
- İlaç moleküllerinin beyne hedeflendirilebilmesi,
- Oral yola alternatif bir yol olmasıdır. (Toksoy MO, 2022)

3.4.4.2. İntrapulmoner

Solunum sisteminde akciğerlerin geniş yüzey alanlarının bulunması ve enzim aktivitesinin bu bölgelerde daha düşük olması nedeniyle pulmoner yol birçok hastalıkta tercih edilmektedir. Pulmoner yoldan uygulanan ilaç direkt olarak etki bölgesinde gitmektedir bu durumda ilacın etkinliği artmaktadır.

Sağlıklı bir yetişkinin akciğerlerinin toplam yüzey alanı 81 m², ve hacmi 4,8 L'dir. Solunan hava sırasıyla trake, bronş, bronşiyoller ve alveollere gelmektedir. Burası, damarlanmanın en yoğun olduğu bölgedir ve yüzey alanı yaklaşık 150 m²'dir. Etkin maddenin sistemik dolaşıma geçmesi alveoller aracılığı ile olmaktadır (Toksoy MO, 2022).

İlaçların pulmoner yoldan alınmasındaki avantajları;

- Yüzey alanın geniş olması,
- Damarlanmanın yüksek olması,
- Oral kullanıma bağlı olarak görülen karaciğer ilk geçiş etkisinin eliminde edilmesi,
- Kötü tadın engellenmesi,
- Enzimatik aktivitenin düşük olması,
- İlaç moleküllerinin hedeflendirilebilir olmasıdır (Toksoy MO, 2022).
- Ağızdan ilaç alamayacak olan hastaların kullanabiliyor olmasıdır (Parlak Khalily M, 2022).

Yanma yoluyla toksik yan ürünlere dönüşmesini engellemek için, kenevirin kannabinoid yanma sıcaklığına, fakat yanma noktasının altına kadar ısıtıldığı bir yöntem olan buharlaşma (vaporizasyon) 1990'lardan itibaren kullanılmaktadır.

Tatra BBio-Pharma (Kanada) şirketi, CAUMZ™ Kitini geliştirmiştir. Bu kit THC ve CBD (PPP001) içeren kapsüller ve vaporizatörden oluşmaktadır. Kitin inflamasyon ve ağrı tedavisi amacıyla faz-2 çalışmaları 2021 yılı eylül ayından beri devam etmektedir. Kenevir dumanının buharlaşmasından farklı olarak, dronabinolün ve CBD'nin inhale kuru toz formülasyonları da geliştirilmiştir (Parlak Khalily M, 2022).

3.3. Kannabinoidlerin Sağlık Alanında Kullanımı

3.3.1. Kannabinoidlerin Kalp ve Damar Hastalıkları Üzerine Etkileri

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH) tüm dünya genelinde sıklıkla görülen ölüm nedenlerinden olması sebebiyle global bir epidemidir. Hastalığın sık görülmesi, ekonomik olarak yük oluşturuyor olması ve sekonder patolojik sonuçlar oluşturması nedeniyle, KVH etiyojisine, mekanizmasına ve yeni tedavilerle ilişkili konularda ilgi artmıştır.

Antiplatelet (antitrombotik) ve antidislipidemik ilaçlar KVH için hala en çok kullanılan ajanlardır. Ek olarak statinler ile uygun tedaviler düzenlenmesine rağmen hastaların %25'i 5 yıl içinde tekrardan miyokard infarktüsü (MI) geçirdiği görülmektedir. Bunun sebebinin koroner arterlerdeki

devam eden aterosklerotik sürecin ve inflamasyonun devam etmesi sebebiyle olduğu tahmin edilmektedir. Aterosklerotik sürecin ve inflamasyon bir şekilde engellenebilirse, KVH ve tekrarı da engellenebilir. Kannabinoidlerin de bu mekanizmada etki gösterdiği düşünülmektedir (Duman d, 2022).

Dışarıdan vücuda alınan kannabinoidlerin yanında vücutta sentezlenen kannabinoidlerde bulunmaktadır ve bu kannabinoidler endokannabinoid olarak adlandırılmaktadır. Endokannabinoid sistem (EKS), KVH'da tekrar up-regüle olarak, hastalık progresyonu üzerinde pozitif sonuçlar gösterebilmektedir (Duman D, 2022).

KVS hastalıklarında tanı ve tedavi yöntemlerinde çeşitli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmeler sayesinde de KVS hastalıklarına bağlı ölümler büyük oranda azalmıştır. Ama sağ kalım ve istenmeyen olayların gelişme miktarında azalma henüz istenilen seviyeye gelmemiştir. Bu durum yeni terapötik hedeflere ve ajanlara olan ihtiyacı göstermektedir. Kannabinoidler üzerinde birçok prelinik ve klinik çalışmalar yapılmış olup çalışmalar çoğunlukla kannabinoidlerinin aktive ya da inhibe olmasına dayanmaktadır. Kannabinoid ve kannabinoid reseptörleri KVS üzerindeki etkilerinin anlaşılması için kannabinoid ile tedavilerin KVS hastalıklarında olası tedavi edici etkisinin görülmesine yardımcı olacaktır (Öztürk ve Çiftçi, 2022).

Kannabinoidler lipid yapıda olup, vücuttaki etkilerini hücre zarı üzerinde bulunan G protein bağlı reseptörler aracılığıyla göstermektedirler. Kannabinoid reseptörü CB₁R, daha çok santral sinir sistemi ve periferik sinir sistemi üzerinde daha sık bulunurken, CB₂R ise periferik dokularda ve bağışıklık sistemi ilişkili hücrelerde daha fazla miktarda bulunmaktadır. Bu reseptörler aracılığıyla ekzojen ve endojen kannabinoidler, insan vücudunda birçok patolojik ve fizyolojik süreçte rol oynamaktadır. Her iki reseptörün de kardiyovasküler sistem (KVS) içerisinde yer alan kardiyomiyositler, dolaşımdaki kan hücreleri, vasküler endotel ve düz kaslarda değişken oranlarda eksprese edildiği görülmektedir. Aynı zamanda CB₁R ve CB₂R üzerindeki etkilerinden bağımsız olarak birçok farklı reseptör, taşıyıcı sistemler ve iyon kanalları üzerinden etki gösterebilmektedir (Duman D, 2022).

3.3.2. Ateroskleroz Tedavisi için Kannabinoidler

Aterosklerotik plak oluşumunda makrofajlar, endotel hücreler ve trombositler aktif rol oynamaktadır. Trombositler, trombüs ve homeostaz

oluşumunda iyi bir role sahiptir. Trombositler, büyüme faktörünü salgılamak suretiyle homeostazın dengelenmesini ve anti-inflamatuar etkilere sahip olması gibi önemli rollere sahiptir. Endokannabinoidler makrofajlar, trombositler ve endotel hücreler tarafından da üretilmektedir. Kannabinoidlerin yararlı olup olmadığı henüz kanıtlanmamıştır. Endokannabinoidlerin bazı kardiyovasküler bozukluklarına faydası olduğu bilinmektedir. Bu faydasının asıl nedeni protrombotik etkisinin olmasıdır. Sıçanlarda yapılan bir araştırma sonucunda endokannabinoidlerin trombosit aktivasyonu olduğu bildirilmiştir (Aritürk Atılğan Z, 2022).

3.3.3.Miyokard Enfarktüste Endokannabinoidlerin Rolü

Endokannabinoidlerle yapılan bazı çalışmalar neticesinde, endokannabinoidlerin miyokard enfarktüse karşı yararlı etkilerinin olduğu bulunmuştur. Miyokard dokusunun nekroz riskini azaltmasının yanında akut miyokard enfarktüsün de aritmi ve kronik evrede yeniden oluşmasını engelleme etkisi olduğu bulunmuştur. Endokannabinoidlerin miyokard nekrozunda koruyucu etkisi endotel hücrelerinde yer alan ve CB₁'i içeren diğer mekanizmalar bu etkiyi sağlar. Kemirgenlerde yapılan bir çalışmada iskemi/ reperfüzyon yaralanmalarına karşı koruyucu etkisi olduğu bildirilmiştir (Aritürk Atılğan Z, 2022).

3.3.4. Kardiyak Aritmi Tedavisinde Kannabinoidler

Miyokardiyal enfarktüs geçiren hastalar etkilenen ve tekrardan şekillenen miyokard dokusunda fibrozisin tetiklediği aritmi oluşumuna eğilimlidir. Yapılan araştırmalar sonucunda endokannabinoidlerin iskemi nedeniyle oluşan aritmilerin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir. Sıçanlar üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda kannabinoidlerin kardiyak yaralanmalar ile oluşan iskeminin sebep olduğu aritmilerde önemli düzeyde azalmanın gerçekleştiği görülmüştür (Aritürk Atılğan Z, 2022).

3.3.5.Kannabinoidlerin Damar Yatağına Olan Etkileri

1990 yıllarından beri kannabinoidlerin kan damarına olan etkileri araştırılmakta ve yeni araştırmalar ile damar yatağı üzerindeki etkileri daha da net hale gelmektedir. Kannabinoidlerin sistemik dolaşımdaki etkisi, damar düz kasları gevşetmesidir. 2014 yılında Stanley ve diğerleri tarafından yapılan

kapsamlı araştırmalar sonucunda düz kaslardaki gevşemenin altında yatan fizyopatoloji kan damarlarının endotelyuma bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Endokannabinoidler, pulmoner vasküler tonusunun düzenlenmesinde rol almaktadır. Pulmoner direncin azalmasına katkıda bulunabilecek endotel bağımlı ve/veya reseptör bazlı mekanizmalarla pulmoner vasküler direnci azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir. Kannabinoidler gelecekte pulmoner hipertansiyon tedavisinde rol alması mümkündür. Kannabinoidlerin CB₁ ve TRP reseptör aktivasyonu ile endotelial nitrik oksit ve potasyum kanal modülasyonu ile mezenter arterlerde vazorelaksasyonu indüklediği bir çalışmada bildirilmiştir (Arıtürk Atılğan Z, 2022).

3.3.6.Psikiyatrik Hastalıklarda Kannabinoidlerin Kullanım Potansiyeli

C. sativa'dan elde edilen kannabidiol (CBD) diğer ana bileşen olan Δ^9 -tetrahidrokannabinolün (THC) aksine psikomimetik etkilere sebep olmaz. 1940 yılında araştırılan CBD maddesi psikoaktif aktivitesi düşük bir kenevir türevi olup 1963 yılında yapısı tam olarak açıklanabilmiş fakat etki mekanizması henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Aynı zamanda kannabis kullanımı birçok ülkede yasaklanmış olmasına rağmen sık tüketildiği bilinmektedir. Kannabi kullanımı yıllık %3.8 olup 183 milyon kişinin kannabis kullanıldığı bilinmektedir (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

Yakın zamanlı araştırmalar sonucunda çocukluk ve ergenlik döneminde ECS'nin özellikle prefrontal kortekesteki (PFK) eksitatör ve inhibe edici nörotransmisyon dengesinde önemli etkileri olduğu bildirilmiştir. Bu sebepten ECS sinyalinin çevresel nedenlere bağlı gelişimsel dalgalanmalara hassas hale getirmekte ve stres ve kaygıyla alakalı bozuklukların riskini artırabilmektedir (Kazėan Kılıçaslan ve Öztürk, 2022).

Endokannabinoid sistemin (ECS), CB₁R ve CB₂R, birincil ligandları, anandamid (AEA) ve 2-araşidonoilgliserol (2-AG) ve bu ligandlar için birincil katabolik enzimler, monoasilgliserol lipaz (MAGL) ve yağ asidi amid hidrolaz (FAAH) oluşmaktadır. ECS insan beynindeki rolü, nöronlar arası iletişimi etkileme ve yeme, hafıza, öğrenme, büyüme, gelişme, metabolizma, üreme gibi süreçlerini kontrolünü sağlamaktadır. ECS agonistik etkileri sonucunda gıda alımını arttırması nedeniyle iştah artmasını sağlar ve enerji metabolizmasını düzenler. ECS'nin iştah üzerindeki etkisinden bağımsız

olarak lipogenezi indükler ve insülin direncini artırır bu sayede kilo alımını artırdığı bilinmektedir. ECS'nin aynı zamanda inflamatuvar ve nöropatik ağrıyı azaltma etkisi bulunmaktadır (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

CBD'nin anksiyete bozukluğu, epilepsi, demans, psikotik bozukluklar ve diğer psikiyatrik hastalıkların tedavisinde kullanılabildiği bilinmektedir (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

3.3.7. Psikotik Bozuklukların Tedavisinde Kenevir

Psikoz patofizyolojisinde endokannabinoid sistemin etkileri gün geçtikçe artmaktadır. Psikoz hastaların, hem akut hem de kronik döneminde yüksek anandamid düzeylerde olduğu, hem kan ve periferik bağışıklık hücrelerinde hem de beyin omurilik sıvılarında CB₁R yüksek oranlarda eksprese ettikleri meta-analizle kanıtlanmıştır. Endokannabinoid sistemin psikoz patofizyolojisindeki rolüyle CBD'nin, psikoz tedavisinde potansiyel bir farmakolojik ajan olarak terapötik değere sahip olabileceği öngörülmüştür. CBD psikoz tedavisinde dopamin reseptör antagonistlerinden farklı bir etki mekanizmasına sahiptir. Bu sebeple dopamin reseptör antagonistlerinin sebep olduğu ekstrapiramidal sistem yan etkilerini ve prolaktin artışını göstermeyecektir. Bu yönden CBD hem yeni bir antipsikotik sınıfını temsil edebilir hem de antipsikotiklerin tamamlayıcı tedavilerini kullanabilir. Aynı zamanda CBD, THC'nin negatif psikomimetik etkilerini engelleyebilme etkisine sahiptir. CBD'in terapötik etkilerini, bilişsel fonksiyonlardan sorumlu farklı beyin bölgelerinde modülasyonla gösterebileceği düşünülmüştür. Psikozlu hastalarda CBD'nin güvenli olabileceği ve hastalar tarafından iyi tolere edilebildiği ve antipsikotik etkilerinin olabileceği hususunda kanıtlar olmasına rağmen daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk, 2022).

3.3.8. Depresif Bozukluklar ve Sendromların Tedavisinde Kenevir

Depresyon tanısı bulunan kişilerin dolaşım sisteminde endokannabinoid seviyelerin düşük olduğu ve intihar sonucu ölen depresyon hastalarının PFK CB₁R'lerinde upregulasyon olduğu bildirilmektedir. Major depresyon tanısı bulunan hastalarda, dorsolateral PFK CB₁R'lerinin yoğunluğu ve mRNA artışı olduğu bulunmuştur. Yakın zamanda yapılan araştırma neticesinde

CNR1 (CB₁R) gen polimorfizminin depresyon için risk faktörü oluşturduğu ve bu genin psikososyal stresörlere karşı depresif belirti geliştirmek için savunmasızlığı etkilediği düşünülmüştür. CB₁R olmayan farelerde HPA aks anomalileri tarif edilmiş ve stres sonrası daha yüksek kortikosteron düzeyleri saptanmıştır. Yine aynı farelerde hipokampuslerinde azalmış beyin türevli nörotrofik faktör (BDNF) (depresyon azalmış BDNF ekspresyonu ile alakalı) düzeyleri bildirilmiştir. CB₁R'lerinin genetik eksikliği 'depresyon- benzeri' bir fenotiple sonuçlanmaktadır. Depresif davranış için risk faktörü olan kronik stres ECS sinyalizasyonundaki bozuklukla ilişkilendirilir. CB₁R inaktivasyonu depresyon benzeri semptomları tetiklemektedir. Klinik çalışmalar sonucunda CBR antagonisti olan Rimonobant'ın intihar düşüncelerinde ve depresyona sebep olduğu bildirilmiştir. Depresif semptomları olan kişilerde tıbbi ya da eğlence amaçlı kannabinoid preparatlarını kullanmaya eğilimlidir. Fakat ağır kannabinoid kullanımının depresif semptomları kötüleştirdiği bildirilmiştir (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk, 2022).

3.3.9. Anksiyete Bozukluklarının Tedavisinde Kenevir

Anksiyete bozuklukları psikiyatride en fazla rastlanan hastalık grubundandır. Anksiyete bozukluğu grubunda temel hastalıklar yaygın anksiyete bozukluğu, panik bozukluk, fobiler ve agarfobi bulunmaktadır. (Atlı ve Beyazgeyik, 2022). CB₁R, duygu regülasyonu ve stres yanıtıyla alakalı olan prefrontal korteks, hipokampus, hiptalamus ve amigdala bölgelerinde geniş bir yayılım gösterdiği bilinmektedir. Bu sebeple anksiyete bozukluklarında ECS rolünün olabileceği düşünülmektedir. Yapılan araştırmalar CB₁ reseptörlerinin, benzodiazepin ve GABA_Aerjik iletimde anksiyolitik etkilerinde rol aldığı bulunmuştur. CB₁R'nin, GABA salınımında inhibitör etkisi bulunmaktadır. ECS dengesiz temel kaygı düzeyini yeterli düzeyde tutmanın yanında stres yaratan rahatsız eden durumlara da adaptasyonu ve iyileşmeyi teşviki için de önemlidir. ECS, CB₁R aktivasyonu ile duguysal dengeyi sağlar. Bu nedenle ECS dengesizliği ya da hatalı çalışması anksiyete bozukluklarının etiolojisinde rol alabilir. Bu sonuçlardan yola çıkarak ECS sinyalleme gücünün güçlendirilmesine yönelik stratejilerin anhedoni ve anksiyete gibi kronik stresin olumsuz etkilerinin birçoğunu azalttığı gözlenmiştir (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk HM, 2022).

Deney hayvanlarıyla çalışmalar neticesinde endojen kannabinoidleri beyin düzeyleri artığında anksiyolitik etkiler gösterdiği bildirilmiştir. İlginç olarak, katabolik enzim inhibasyonunun direkt olarak THC verilen sıçanlara kıyasla lokomotor davranışlarda değişikliğe neden olmaması bu enzim inhibasyonunun anksiyeteyi tedavi ederken sedasyona sebep olmadığına kanıttır. Bu nedenle tedavi için olumlu etkilerinin olduğu kanısına varılabilir. Sosyal fobiye sahip hastalarda ise yapılan sınırlı çalışmalar sonucunda CBD'nin anksiyeteyi azaltmasının 5-HT-1 antagonizması aracılığıyla yaptığı bildirilmiştir (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

3.3.10. Duygudurum Bozukluklarının Tedavisinde Kenevir

Kannabisin duygudurum bozukluklarının tedavisinde kullanılması düşüncesi, kannabinoidlerin agonistlerinin hipokampusta serotonin salınımını ve noradrenerjik nöron aktivitesini ve nörojenezini arttırması ile antidepresan benzeri etki göstermesi sonucunda başlamıştır. CBD'nin insanlar üzerinde antidepresan etkisi her ne kadar kanıtlanmamış olsa da CBD duygudurum bozukluğu tedavisi için potansiyel bir ajan olduğu düşünülmektedir. Yapılan araştırma sonucunda; kenevir yoksunluğunda agonist replasman tedavisi olarak yurtdışı onaylı Nabiximols'un depresyonu önemli düzeyde azalttığı görülmüştür. Premenstrüel sendromda bazı kadınların depresif duygudurum, gerginlik ve iritabilite gibi ruhsal belirtileri düzeltmek için kannabis kullanımı bildirilmiştir (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk HM, 2022).

3.3.11. Bipolar Tedavisinde Kenevir

Bipolar bozuklukta (BB) kannabis kullanımı fazla olmakla birlikte, hastalığa olumlu etkilerin olabildiği ve lityum yan etkilerini azalttığı açıklanmıştır. Fakat bazı veriler kannabisin manik atak belirtilerin açığa çıkmasına ya da manik atağı tetikleyebileceğini bildirmiştir (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

Bipolar bozuklukta CB₁R yoğunluğunda değişiklik olduğu bildirilmiştir. Eğlence amaçlı kannabis kullanımında yaş aralığının küçülmesi, döngü artışı, affektif durumlarda uzama ve semptomlarda kötüleşme ile ilişkili olmuştur (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk HM, 2022).

3.3.12. Şizofreni-Psikoz Tedavisinde Kenevir

Şizofreni etiyojisinde, ECS'nin yüksek aktivitesinin dopaminde artışa ve glutamatta düşüşe neden olabileceği ve bunun sonucunda pozitif sonuçlar ortaya çıkabileceğini düşünülen bir endokannabinoid hipotezi vardır. Aynı zamanda prelinik çalışmalar sonucunda, CBD'nin şu anda FAAH inhibasyonu ile olduğuna inanılan antipsikotik özellikler sunabileceği kanıtlanmıştır (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

Klinik çalışmalar sonucunda şizofreni hastalarında cingulat korteks ve dorsolateral PFK gibi beyin bölgelerinde CB₁R'nde upregulasyon tanımlanmıştır. Başka bir çalışmada CB₁R'nin bağlanması ile pozitif ve negatif semptom şiddeti arasında korelasyon olduğu bildirilmiştir. Postmortem şizofreni hastalarının beyinlerinde yapılan araştırmalar sonucunda karşıt sonuçlar ortaya çıkmıştır ve CB₁R ifadesinde değişiklik olmadığı aksine azalma olduğu bulunmuştur. Genetik çalışmalarda CNR1 genindeki varyasyonlar şizofreniyle bağdaştırılmıştır. CB₁R'leri çıkarılmış farelerde yapılan deneyde fensiklidinle (NMDA reseptör antagonisti) indüklenen şizofreni benzeri etkiler gözlenmemektedir. Genellikle şizofreni hastalarının beyinlerinde CB₁R varlığı, ekspresyonu ve yoğunluğuyla alakalı görüntüleme ve postmortem sonuçlar çelişkili olsa da CB₁R'lerinin rolüne işaret etmektedir. Birçok araştırma sonucunda depresyon, şizofreni ve anksiyetede bazı semptomlar arasında ilişki olduğu bilinmektedir (Kazgan Kılıçaslan ve Öztürk HM, 2022).

3.4. C.Sativa ve Bağımlılık

Bağımlılık, bir maddenin oral, inhalasyon veya farklı yöntemlerle tıbbi amaç haricinde, maddenin yokluğunun vereceği huzursuzluktan kaçınmak veya keyif amaçlı, birden fazla defa, periyodik olarak kullanma durumudur. Bağımlılıkla ilgili davranışlar, günlük işleri ve yaşamı aksatmaya sebep olacak seviyede olabilmektedir. Bağımlılık tek tip değildir. Çeşitleri ve farklı bağımlılık düzeyleri vardır. Bu farklılıklar kullanım koşulu ve kullanılan maddeye göre değişiklik gösterebilmektedir.

Bütün bunların temelinde, kullanılan maddenin santral sinir sistemiyle (SSS) etkileşimi vardır. Bağımlılık yapan maddeler SSS'ini önemli düzeyde stimüle ederek veya deprese ederek duygudurum, algı, davranış ve/veya motor fonksiyonlarında bozukluk yapan psikoaktif maddelerdir. Bu maddelere

günlük yaşamda ‘uyuşturucu’ denmektedir fakat bilimsel olarak bu tanım doğru değildir çünkü bağımlılık yapan maddeler arasında amfetamin, kokain ve hallüsinojenler gibi stimülasyon yapan maddeler bulunmaktadır. SSS’ine etkili olan her maddenin bağımlılık yapması söz konusu değildir. SSS etkili olan ilaçlara antiepileptikler, antiparkinson ilaçları örnek verilebilir.

Bağımlılığa neden olan faktörler; kişisel özellikler, çevre koşulları ve kullanılan maddenin özellikleri gibi birden fazla etken neticesinde gelişmektedir. Sonuç olarak bağımlılık, tümüyle SSS’de gerçekleşen fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar ile bağlantılıdır.

C. sativa, medikal olmayan kullanım bakımından alkol ve tütünden sonra en çok kullanılan bağımlılık yapıcı madde olarak yer almaktadır.

C. sativa ve bu bitkiden elde edilen esrar içinde bulunan THC’nin bağımlılık yapıcı etkisinde öncelikle kannabinoid reseptörleri rol oynamaktadır. Kannabinoid reseptörler, periferik dokuların yanı sıra sinir sisteminde bulunur. Kannabinoid reseptörleri G proteiniyle kenetli reseptörlerdir. CB₁R özellikle striatum, limbik sistem ve hipokampus olmak üzere cerebral yapılarda (beyinde) bulunmaktadır. CB₂R cerebellum ve mikroglia da dahil olmak üzere immun sistem hücrelerinde bulunmaktadır. Bağımlılık gelimesinde asıl rol SSS olmakla birlikte, CB₁R’lerinin myometrium, vas deferens, prostat, kalp, akciğer, tonsilla, timüs, yağ, kemik iliği ve vasküler dokular gibi periferde bulunduğu görülmüştür. CB₁R’lerinin SSS haricinde diğer dokularda da bulunuyor olması *C. sativa* bağımlılığındaki etkilerin aydınlanmasını sağlamıştır. Bu bilgi sonucunda SSS’nde etkili olan kannabinoid reseptör agonist ve antagonistlerinin periferdeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır (Çakmak Aydın A, 2022).

3.5. *C. sativa*’nın istenmeyen Diğer Etkileri

3.5.1. *C. sativa*’nın Karsinojenik Etkisi

Bileşiminde bulunan nitrozaminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi karsinojenik maddelerin bulunması sebebiyle *C. sativa* kullanımına bağlı olarak karsinojenik etki bildirilmektedir. *C. sativa* kullanımıyla bağlantılı olarak özellikle solunum sisteminde karsinojenik etki daha sık rastlanmaktadır (Çakmak Aydın A, 2022).

3.5.2 *C.sativa*'nın İmmünoşüpresyon Etkisi

C.sativa kullanımıyla bazofil, nötrofil, T-lenfosit etkinliğinde azalma, TNF- α , interleukin-1 gibi sitokinlerde azalma olduğu görülmüştür. *C.sativa* kullanımıyla romatoid artrit gibi otoimmün hastalıklarında immün sistemin etkinliğinin azalmasıyla pozitif sonuçlar alınabilecektir, fakat otoimmün hastalığı bulunmayan kişilerde immünoşüpresif etkiyle enfeksiyonda artış gibi istenmeyen kötü sonuçlar da görülebilmektedir (Çakmak Aydın A, 2022).

3.5.3. *C.sativa*'nın Kullanımı ile Viral Enfeksiyonlara Karşı Direnç Kazanması

C.sativa'nın kronik kullanımı sonucunda immün sistem etkinliğinin azalmasıyla çeşitli viral enfeksiyonlara karşı vücut direncinin azaldığı görülmektedir (Çakmak Aydın A, 2022).

3.6. İlaç Etkileşimleri

Çoğu ilaç P450 enzimlerinin substratıdır ve bu enzimlerle dönüşüme uğramaktadır. *C.sativa* bileşenlerinin sitokrom enzimleriyle etkileşmesi ve dolayısıyla kannabis-ilaç etkileşimleri açısından önemli olduğu bildirilmiştir. İnhibe olan enzimler arasında CYP2B6, CYP2C9 ve CYP2D6 bulunmaktadır. Bu enzimlerin inhibasyonu, santral etkili birçok ilaç dahil olmak üzere çok sayıda ilaç bu enzimlerin substratı olması sebebiyle THC'nin çoğu ilaç ile etkileşime girmesi anlamına gelmektedir (Çakmak Aydın A, 2022).

4. MATERYAL YÖNTEM

Çalışma materyalini sağlık alanında kullanılan *C. sativa* ve *C. indica* oluşturmaktadır. Kenevirin sağlık sektöründeki önemi gelecekte ki sektörel gelişimi ile ilgili ön görüde bulunmak için SWOT analizi ile değerlendirme yapılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8: *Cannabis sativa* yaprağı (a), Kenevir deneme alanı(b)-Orijinal: Levent Yazici

SWOT analizi çevresel faktörlerin incelenmesiyle ortaya çıkan bir nicel bir araştırma yöntemidir. Weaknesses (Zayıf Yönler), Strengths (Güçlü Yönler), Threats (Tehditler) ve Opportunities (Fırsatlar) anlamına gelmektedir. SWOT analizi ile incelenen konunun güçlü ve zayıf yönlerini keşfetmek, fırsatların farkına varmak ve bu fırsatlardan yararlanmak, tehditleri incelemek ve ortaya çıkabilecek risklere karşı önlem alınmasının yanı sıra stratejik ve planlamacı yaklaşımları kapsamaktadır.



Şekil 9: SWOT analizi şeması

Kenevir bitkisi sağlık sektöründe yaygın kullanılan ve önemli bitkidir. Türkiye’de kenevir ekimi ve kontrolü hakkında yönetmeliğin sektöre yansımaları, kenevirin ekonomik önemi, sağlıkta kullanım alanlarının etkisi bu tez çalışmasında SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışma

kapsamında Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir Araştırma Enstitüsü'den uzman görüşü alınarak analiz yapılmıştır.

5. BULGULAR

Bu çalışmada Dünya'da ve ülkemizde kenevir bitkisi üzerine yapılan araştırmalar göz önüne alınarak hazırlanan SWOT analizi yapılmış ve sonucu aşağıda verilmiştir.

GÜÇLÜ YÖNLER	FIRSATLAR
<ul style="list-style-type: none"> • Kenevirin çatı ve duvar malzemesi olarak kullanılması • Kenevirden elde edilen malzemelerin çevre kirliliğine neden olmaması • Lignoselülozik liflerinin kaliteli ve antibakteriyel özelliğe sahip olması • Bol oksijen üreten bir bitki olması • Biyoplimer üretiminde kullanılması • Dronabinol (Sentetik THC) içeriği kanser kemoterapisinden kaynaklı kusma ve bulantı önleyici olması, AIDS hastalığı kilo kaybı ve anoreksi önleyici etkisi olması • Nabilon (Sentetik THC), içeriği kanser kemoterapisinden kaynaklı kusma ve bulantı önleyici olması, • Nabiksimols (THC ve CBD içeren standardize ekstre) Multipl skleroza bağlı spastisite, Multipl skleroza bağlı nöropatik ağrı, Kanser hastalarında ağrı tedavisinde kullanılması • CBD içeren standardize ekstre - Lennox-Gastaut sendromu -Dravet 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuraklığa ve zararlılara karşı dayanıklı olması, • Hızlı büyümesi • Az su istemesi • Pek çok coğrafyada yetişebilir • Antibakteriyel tekstil ürünleri elde edilebilmesi • Cerrahi malzeme üretilebilmesi • Kağıt ürününe dönüşebilmesi • Aynı oranda orman alanına göre 4 kat fazla selüloz üretebilmesi • Bol miktarda yaprak üretmesi • Yabancı otlarla mücadelede diğer bitkilere göre üstün olması • Çevre dostu bir bitki olması • İçeriğinde Kannabidionidlere sahip olması

sendromu tedavisinde kullanılması	
ZAYIF YÖNLER	TEHDİTLER
<ul style="list-style-type: none"> • Kenevir üretiminin yaygınlaştırılmaması • Medikalde kullanılan kenevirin yönetmelik gereği izinli olmaması • Türkiye genelinde üretim izni olmaması • Kenevir işleme odaklı fabrikalarının eksikliği • Üretici destekli projelerin azlığı 	<ul style="list-style-type: none"> • Küresel ısınma kaynaklı sorunlar • Çevre kirliliği • Bilinçsiz kullanım

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kenevir insanlar tarafından yüzyıllardır insan ve hayvan sağlığı açısından faydalı olmuştur. Çin tababeti ve Ayurveda gibi kendine has felsefesi ve binlerce yıllık birikimi olan geleneksel tıp sistemlerinde de kendine önemli yer edinmiş tıbbi bir bitkidir. Tarihsel süreçte kenevirin psikoaktif etkilerinden dolayı suiistimal edilmesi, onun sayısız alanda kullanımını olmasına rağmen yasaklanmasına sebep olmuştur. Bu durum sağlık açısından birçok faydası olan bu bitkiden yeterince faydalanılmamasına sebep olmuştur. Kenevirin içeriğinde bulunan ve yasaklanmasına neden olan ana bileşiği dışında yaklaşık 550 adet bileşik bulunmaktadır (Yıldırım ve Çalışkan, 2020).

Kenevirin kannabinoidleri insan ve hayvan üzerinde birçok patolojik ve fizyolojik işlevi düzenlemektedir. Doğada birçok molekül ECS'ye endokannabinoidler, fitokannabinoidler, kannabinoid reseptörleri, yıkım ve sentez enzimleri yoluyla etki etmektedir. Bu tez çalışmasında kenevir bitkisinin tedavi amaçlı olarak geleneksel kullanımını incelenmiş ve modern tıpta doğal fitokannabinoidlerin medikal kullanım alanları ve gelecekteki kullanım potansiyelleri üzerinde durulmuştur. Tez çalışması kapsamında yapılan araştırmada CBD temelli diğer kenevir kannabinoidleri köken alan yeni nesil ilaçların farklı hastalıkların tedavisinde kullanılabilmesi için yeterli

sayıda hasta ile birlikte temel modellerde ve uzun süreli klinik çalışmalarında incelenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır (Atlı vd., 2020).

Multipl skleroz (MS), epilepsi, beslenme bozuklukları, glokom ve nöropatik ağrı tedavisinde yarar sağladığı kanıtlanmıştır. Kanserler ve Huntington koresi, MS, Parkinson hastalığı gibi nörolojik bozukluklar gibi birçok patolojik durumda endokannabinoit aktivitesinde gözle görülür değişiklikler saptanmıştır. Kemoterapinin olumsuz etkilerinin azaltılması, antiemetik ve analjezik özelliği ve MS’de spastisitenin azaltılması gibi etkileri olması nedeniyle palyatif bakımda özellikle kannabinoidler ve kannabinoid bazlı formülasyonlar uygulanmaktadır (Erdoğan Özen ve Kaya, 2022).

Farklı hastalıklara göre çeşitli kenevir formülasyonları hazırlanabilmektedir. Fakat yapılan çalışmalara rağmen kannabinoidlerin uygulama yolunu ve dozunu optimize etmek, terapötik ve yan etkileri ölçmek ve etkileşimleri hakkında yeni bilgiler edinilmesine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Parlak Khalily M, 2022)

Endokannabinoid sistem (EKS), KVH’da tekrar up-regüle olarak, hastalık progresyonu üzerinde pozitif sonuçlar gösterebilmektedir (Duman D, 2022).

CBD’nin anksiyete bozukluğu, epilepsi, demans, psikotik bozukluklar ve diğer psikiyatrik hastalıkların tedavisinde kullanılabilirdiği bilinmektedir (Atlı ve Beyazgeyik, 2022).

Yapılan SWOT analizi sonucunda ise; kenevir bitkisinin sağlık alanında geniş bir yelpazede kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Kanaatkar bir bitki olması, çevreci malzeme olarak kullanılması, kuraklığa dayanıklı kök sistemine sahip olması bitkinin güçlü yönü olarak ortaya çıkmaktadır. Üretiminde yaşanan kısıtlama ve zorluklar ise bitkinin zayıf yönlerinin mevcut olduğunu ve planlama ve iyileştirmelerin bu yönde olması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

KAYNAKÇA

- Anderson L.C. (1980). Leaf variation among Cannabis species from a controlled garden. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, 1980, 28(1), 61-69.
- Arıtürk Atılğan Z. (2022). Kannabinoidler ve kardiyovasküler sistem. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Atlı A, Beyazgeyik B. (2022). Psikiyatrik hastalıklarda kannabinoidlerin kullanım potansiyeli. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Atlı A, Ölmez Kavak G, Bozhan N. (2020). Kenevirin medikal kullanımı. Onay A, Yıldırım H, Ekinci R, Editörler. Kenevir (Cannabis sativa L.). Ankara: Palme yayınevi; 2020.
- Beşir A, Yazıcı Bektaş N, Mortaş M, Yazıcı F. (2022). Kenevirde THC ve CBD faktörlerinin değerlendirilmesi. OKÜ Fen Bil. Enst. Dergisi. 2022; 5(2): 1092-1104.
- Çakmak Aydın A. (2022). *Cannabis sativa* L. ve bağımlılık. Karadağ A, Temel H, editörler. Sağlık bilimleri açısından kenevir. Antalya: Çukurova Nobel Tıp Kitapevi; 2022.
- Doğan H, Yılmaz G, Yazıcı L. (2023). Industrial And Medical Usage Areas Of Hemp (*Cannabis sativa* L.). Editör Eliaçık. M. V. International Halich Congress On Multidisciplinary Scientific Research; January 15-16, 2023; Istanbul, Türkiye.
- Duman D. (2022). Kannabinoidlerin kalp ve damar hastalıkları üzerine etkileri. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Dündar A. (2022). Cannabinoid biyokimyası. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Elsohly M.A, Radwan M.M, Gul W, Chandra S, Galal A. (2017). Phytochemistry of *Cannabis sativa* L. Part of the book series: Progress in the Chemistry of Organic Natural Products. 2017 ((POGRCHEM,volume 103))
- Erdoğan Özgen Z, Kaya MŞ.(2022). Kannabinoidler ve immünite. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Fraguas-Sánchez A.I., Torres-Suárez A.I. Medical Use of Cannabinoids. Drgs 78. 2018.
- Gizlenci Ş, Acar M, Yiğen Ç, Aytaç S. Kenevir Tarımı. Samsun: Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; 2019.

- Gökgöz AB, Yılmaz Can E. (2021). Medikal ve endüstriyel açıdan kannabinoidlerin önemi ve türkiye ekonomisine katkı potansiyeli. Med J West Black Sea. 2021;5(3):315-323.
- Gönen S. (2009). *Cannabis sativa* L. bitkisinin morfolojisi ve anatomisi üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi), 87. 2009.
- Hayit, F., ve Yazici, L. (2023). Fonksiyonel Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kenevir Tohum Ununun Değerlendirilmesi. Aydın Gastronomy, 7(2), 241–253.
- Kazgan Kılıçaslan A, Öztürk HM.(2022). Psikiyatrik ve endokanabinoid sistem. Karadağ A, Temel H, editörler. Sağlık bilimleri açısından kenevir. Antalya: Çukurova Nobel Tıp Kitapevi; 2022.
- Oran., Kenevir Yetiştiriciliği, Oran Kalkınma Ajansı. 2019
- Öztürk S, Çiftçi Ö.(2022). Kannabinoid reseptörleri ve kardiyovasküler sistem. Karadağ A, Temel H, editörler. Sağlık bilimleri açısından kenevir. Antalya: Çukurova Nobel Tıp Kitapevi; 2022.
- Parlak Khalily M. (2022). İlaç etkin maddesi olan kannabinoidlerin formülasyon ve dağıtım stratejileri. Karadağ A, Temel H, editörler. Sağlık bilimleri açısından kenevir. Antalya: Çukurova Nobel Tıp Kitapevi; 2022.
- Polat M.F, Ekim M. (2022). Kenevir esaslı kannabinoidlerin biyokimyası. Karadağ A, Temel H, editörler. Sağlık bilimleri açısından kenevir. Antalya: Çukurova Nobel Tıp Kitapevi; 2022.
- Schultes R.E, Klein, W.M, Plowman, T. Lockwood, T.E. (1974). Cannabis: an example of taxonomic neglect. Botanical Museum Leaflets, Harvard University. 1974.23(9), 337-367.
- Taura F, Tanaya R, Sirikantaramas S. (2019). Recent advances in cannabinoid biochemistry and biotechnology, ScienceAsia. 2019.
- Toksoy MO.(2022). Farmasötik yönden kannabidiol formülasyonları ve klinik uygulama sahaları. Haspolat YK, Ölmez Kavak G, editörler. Farklı yaklaşımlarla sağlık alanında kenevir. Ankara. Orient Yayınları. 2022.
- Werf, Van Der.(1991). Agronomy and crop physiology of fibre hemp. CABO raport March. 1991.
- Yıldırım S, Koca Çalışkan U. (2020). Kenevir ve Sağlık Alanında Kullanımı. Ankara Ecz. Fak. Derg. 2020; 44(1): 112-136.
- Yazici, L. (2023a). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp *Cannabis sativa* L . Journal of King Saud University – Science, 35(1), 1–6.
- Yazici, L. (2023b). Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar Iı Bölüm Adı: Bitkisel Üretimde Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları, Yayın Yeri:İksad, Editör:Doç. Dr. Kübra Yazici, Doç. Dr. Hülya Doğan, Basım Sayısı:1, Sayfa Sayısı:340, Isbn:978-625-367-461-8, Bölüm Sayfaları:325 -340

- Yazici, L., Yılmaz, G., Koçer, T., ve Şakar, H. (2020). Investigation of some yield characteristics of hemp *Cannabis sativa* in Tokat Ecology. Journal of International Environmental Application and Science, 15(2), 104–108.
- Yazici L. ve Yılmaz G. (2022a). Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar I Bölüm Adı: Türkiye’de İhtisaslaşma ve Misyon Farklılaşması Kapsamındaki Üniversitelerde: Tarım, Yayın Yeri: İksad yayın evi, Editör: Doç. Dr. Kübra YAZICI, Doç. Dr. Hülya DOĞAN, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:303, ISBN:978-625-8377-78-1, Bölüm Sayfaları:261 -278
- Yılmaz G. ve Yazici L. (2022b). Dünya’da Yükselen Değer; Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.), Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2022. 1(1), 54-61.
- Yılmaz, G., Yazici, L., Yildirim, C., Kocer, T., ve Uskutoğlu, T. (2023). Avrupa Tescilli Bazı Kenevir *Cannabis sativa* L Çeşitlerinin Verim Kriterleri Yönünden Performansı. MAS Journal of Applied Sciences, 8(1), 7–15.

BÖLÜM 5

LİF BİTKİLERİ: DÜNYA VE ÜLKEMİZDE MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. | Levent YAZICI¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285932>

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, levent.yazici@yobu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6839-5366

GİRİŞ

Lif bitkilerinin tarihçesi, insanlık tarihinin başlangıcına kadar uzanır. İnsanlar, binlerce yıldır lif bitkilerini kullanarak temel ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Çok eski zamanlardan bu yana dünyanın çeşitli bölgelerinde yetiştirilen ve çok çeşitli endüstriyel ve ticari kullanım alanları olan bitkilerdir. Günümüzde de lif bitkileri önemli rol oynamaktadırlar. Bu bitkiler tekstil, kağıt, yapı malzemeleri, biyo-yakıt, biyokompozit, kozmetik, kişisel bakım ürünleri, tıbbi uygulamalar ve hayvan yemi gibi çok farklı endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Lif bitkilerinin bu çeşitli kullanım alanları, ekonomik ve ekolojik açıdan önemli bir kaynak sağlar.

Lif bitkileri, doğal kaynaklardan elde edildikleri için sentetik liflere göre genellikle daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir seçenek sunarlar. Ayrıca, tekstil endüstrisinde farklı ihtiyaçlara uygun çeşitli lif yapıları sağladıkları için ürün çeşitliliğini artırır. Ancak, bu bitkilerin yetiştirilmesi ve işlenmesi süreçlerinin de sürdürülebilir olması önemlidir, çünkü doğal kaynakların korunması ve toplumsal etkilerin yönetilmesi açısından büyük önem taşır.

Günümüzde birçok bitki türü lif üretimi için kullanılmaktadır. Türkiye’de lif bitkisi olarak pamuk, keten ve kenevir bitkilerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya’da ise çok fazla sayıda tür lif bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Ekonomik öneme sahip başta pamuk olmak üzere, jüt, keten, kenevir, kenaf, sisal, abaca, kapok, agave, hindistan cevizi lifi ve rami gibi bitkiler en önemli bitkisel lif kaynağıdır.

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) dünya genelinde ve ülkemizde en yaygın olarak üretilen ve kullanılan lif bitkisidir. Bu bitkinin lifi, tohumundan elde edilen yağı ve diğer yan ürünleriyle, tarım ürünleri arasında yüksek katma değer ve istihdam yaratan, ekonomik değeri yüksek olan bir bitkidir (Mert, 2011). Pamuk yetiştiriciliği ekonomik olarak birçok ülke için önemli gelir kaynağıdır. Pamuk bitkisi, yumuşak ve nefes alabilen dokusu nedeniyle giyim ve ev tekstili ürünlerinin üretiminde tercih edilir. Pamuk lifleri, dayanıklıdır ve yüksek miktarda nem emme kapasitesine sahiptir, bu da kullanıcıların konforunu artırır (Mert ve Çopur, 2010).

Keten (*Linum usitatissimum* L.) çok eski zamanlardan beri lif ve tohumu için yetiştiriciliği yapılan bir endüstri bitkisidir. Bitki, uzun, dayanıklı ve düzgün lifler üretir. Keten lifleri, pamuktan daha dayanıklı ve yıpranmaya karşı

dirençlidir. Lif kalitesi nedeniyle tekstil sektörü için önemli hammaddelerden biridir. Bu özellikleri nedeniyle, keten lifleri genellikle dayanıklı giyim ve ev tekstili ürünlerinin yanı sıra masa örtüleri ve yatak çarşafı gibi birçok farklı ürünlerde kullanılır (Dumanoğlu, 2020; Yılmaz ve Uzun, 2019).

Kenevir (*Cannabis sativa* L.) bitkisi, güçlü ve dayanıklı lifler üreten bir diğer önemli lif bitkisidir. Bu bitki tarihte lif, medikal ve tohum amaçlı olarak yetiştirilmiştir. Kenevir lifleri, yüksek mukavemetleri ve uzun ömürleri nedeniyle özellikle dayanıklı ürünlerde kullanılır. Kenevire dayalı gelişme gösteren sanayi alanları; tekstil, gıda, inşaat, enerji, ilaç, kompozit malzemeler, selüloz ve kozmetik ürünler sektörleridir (Yılmaz ve Yazıcı, 2022).

Bu çalışmada dünya ve ülkemizde yetişen lif bitkilerinde, son yılların mevcut ekim alanları, üretim ve verim miktarları incelenecek ve bu bitkilerin önemi hakkında bilgiler verilecektir.

1. DÜNYA'DA LİF BİTKİLERİNİN MEVCUT DURUMU

1.1. Dünya'da Pamuk Üretim ve Kullanım Durumları

Dünya'da pamuk ekim alanları 2023/2024 sezonunda 31.51 milyon ha, üretim 24.77 ton olarak gerçekleşmiştir. Ekim alanının 2024/2025 sezonunda ise yaklaşık %3 artışla 32.47 milyon ha olması tahmin ediliyor. Dünya ortalama pamuk verimi ise 2023/2024 döneminde 786 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Dünya pamuk lifi toplam arzı (üretim, ithalat ve başlangıç stokları) 2023/2024 sezonunda 51.8 milyon ton olarak gerçekleşmiş, 2024/2025 döneminde ise 53.3 milyon ton olması tahmin ediliyor (USDA, 2024; FAO, 2024). Pamuk 2023/2024 sezonunda ihracat 9.63 milyon ton, tüketim 24.61 milyon ton, stok kullanım oranı ise %51.46 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dünya'da Pamuk Üretim ve Kullanım Durumları (bin ton)

Özellikler	2024/ 2025	2023/ 2024	2022/ 2023	2021/ 2022	2020/ 2021
Ekilen Alan (1000 Ha)	32471	31518	31764	32258	31657
Verim (Kg/Ha)	799	786	798	772	784
Üretim Miktarı (bin ton)	25935	24770	25343	24915	24825
Başlangıç Stokları	17627	17561	16256	16546	18833

İthalat	9785	9473	8196	9343	10576
Toplam Arz	53349	51806	49796	50805	54235
İhracat	9785	9639	8077	9436	10666
Tüketim	25456	24615	24316	25244	27053
Bitiş Stokları	18176	17627	17561	16256	16546
Toplam Kullanım	53349	51806	49796	50805	54235
Stok/Kullanım Oranı %	51,58	51,46	54,21	371,10	43,87

Kaynak: USDA, 2024.

1.2. Dünya’da Ükelere Göre Pamuk Üretimi

1.2.1. Çin

Dünya pamuk lifi üretiminin en fazla olduğu ülke Çin’dir. Çin’de 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 2.90 milyon ha, üretim 5.98 milyon ton, verim ise 2065 kg/ha olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Çin’de pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu (USDA, 2024).

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	3400	5976	1758
2020/2021	3200	6444	2014
2021/2022	3100	5834	1882
2022/2023	3150	6683	2122
2023/2024	2900	5987	2065
2024/2025 (Tahmin)	2850	5878	2063
Ortalama	3150	6185	1968

Çin’de 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı 3.15 milyon ha, üretim 6.18 milyon ton ve verim 1968 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

1.2.2. Hindistan

Dünya pamuk lifi ekim alanının en yüksek olduğu ülke Hindistan’dır. Hindistan 2023/2024 sezonu dünya pamuk lifi üretiminde ise 2. sırada yer almıştır. Hindistan’da 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 12.70 milyon ha, üretim 5.70 milyon ton, verim ise 449 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Hindistan’da 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı

12.93 milyon ha, üretim 5.78 milyon ton ve verim 447 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Hindistan’da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	13400	6204	463
2020/2021	13286	5987	451
2021/2022	12372	5290	428
2022/2023	12927	5726	443
2023/2024	12700	5704	449
2024/2025 (Tahmin)	12400	5443	439
Ortalama	12937	5782	447

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.3. Brezilya

Brezilya 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 3. sırada yer almıştır. Brezilya’da 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 1.66 milyon ha, üretim 3.17 milyon ton, verim ise 1911 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Brezilya’da 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı 1.94 milyon ha, üretim 3.63 milyon ton ve verim 1874 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Brezilya’da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	1640	2830	1726
2020/2021	1665	3000	1802
2021/2022	1370	2356	1720
2022/2023	1600	2551	1595
2023/2024	1660	3172	1911
2024/2025	1940	3636	1874
Ortalama	1587	2782	1751

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.4. Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 4. sırada yer almıştır.

Çizelge 5. Amerika Birleşik Devletleri'nde pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	4650	4335	932
2020/2021	3323	3180	957
2021/2022	4153	3815	919
2022/2023	2950	3150	1068
2023/2024	2606	2627	1008
2024/2025	3693	3483	943
Ortalama	3536	3421	977

Kaynak: USDA, 2024.

ABD'de 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 2.60 milyon ha, üretim 2.62 milyon ton, verim ise 1008 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. ABD'de 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı 3.53 milyon ha, üretim 3.42 milyon ton ve verim 977 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). ABD'de 2024/2025 sezonunda, bir önceki yıla göre ekim alanı yaklaşık %30 artarak 3.69 milyon ha, üretim ise %25 artarak 3.48 milyon ton olması tahmin ediliyor.

1.2.5. Pakistan

Pakistan 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 5. sırada yer almıştır. Pakistan'da 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 2.40 milyon ha, üretim 1.45 milyon ton, verim ise 608 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Pakistan'da 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı 2.17 milyon ha, üretim 1.18 milyon ton ve verim 546 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Pakistan'da 2023/2024 sezonu pamuk lif ekim alanı, üretim ve verimde, son beş yılın ortalama değerleri ile karşılaştırıldığında az bir artışın olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Pakistan'da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	2450	1350	551
2020/2021	2200	980	445
2021/2022	2000	1306	653
2022/2023	1800	849	472

2023/2024	2400	1459	608
2024/2025	2400	1415	590
Ortalama	2170	1189	546

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.6. Avustralya

Çizelge 7. Avustralya’da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	60	136	2268
2020/2021	275	610	2217
2021/2022	635	1274	2006
2022/2023	650	1263	1943
2023/2024	570	1089	1910
2024/2025	550	1089	1979
Ortalama	438	874	2069

Kaynak: USDA, 2024.

Avustralya 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 6. sırada yer almıştır. Avustralya’da 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 570 bin ha, üretim 1.08 milyon ton, verim ise 1910 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Avustralya’da 2019/20-2023/24 sezonu ortalama değerlere göre, ekim alanı 438 bin ha, üretim 874 bin ton ve verim 2069 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 7). Dünya’da son beş yılın ortalama değerlerine göre pamuk lifi verimi (2069 kg/ha) en yüksek olan ülke Avustralya’dır.

1.2.7. Türkiye

Türkiye 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 7. sırada yer almıştır. Türkiye’de 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 440 bin ha, üretim 697 bin ton, verim ise 1583 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de 2019/20-2023/24 sezonu beş yıllık ortalama değerlere göre, ekim alanı 473 bin ha, üretim 795 bin ton ve verim 1690 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 8). Türkiye’de 2024/2025 sezonunda, bir önceki yıla göre ekim alanı yaklaşık %10 artarak 485 bin ha, üretim %20 artarak 871 bin ton, verim ise %12 artarak 1796 kg/ha olması tahmin ediliyor.

Çizelge 8. Türkiye’de pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	570	751	1318
2020/2021	350	631	1804
2021/2022	450	827	1839
2022/2023	555	1067	1922
2023/2024	440	697	1583
2024/2025	485	871	1796
Ortalama	473	795	1690

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.8. Özbekistan

Özbekistan 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 8. sırada yer almıştır. Özbekistan’da 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 1.03 milyon ha, üretim 631 bin ton, verim ise 613 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Özbekistan’da 2019/20-2023/24 sezonu beş yıllık ortalama değerlere göre, ekim alanı 1.04 milyon ha, üretim 635 bin ton ve verim 608 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Özbekistan’da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	1050	531	506
2020/2021	1060	692	653
2021/2022	1030	624	606
2022/2023	1050	697	664
2023/2024	1030	631	613
2024/2025	1000	631	631
Ortalama	1044	635	608

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.9. Arjantin

Arjantin 2023/2024 sezonunda dünya pamuk lifi üretiminde 9. sırada yer almıştır. Arjantin’de 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 560 bin ha, üretim 337 bin ton, verim ise 603 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Arjantin’de

2019/20-2023/24 sezonu beş yıllık ortalama değerlere göre, ekim alanı 474 bin ha, üretim 301 bin ton ve verim 644 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Özbekistan’da pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	414	300	725
2020/2021	406	300	739
2021/2022	480	316	658
2022/2023	512	254	495
2023/2024	560	337	603
2024/2025	525	337	643
Ortalama	474	301	644

Kaynak: USDA, 2024.

1.2.10. Mali

Dünya pamuk lifi üretiminde, Mali 2023/2024 sezonunda 10. sırada yer almıştır. Mali’de 2023/2024 sezonunda pamuk ekim alanı 710 bin ha, üretim 283 bin ton, verim ise 399 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Mali’de 2019/20-2023/24 sezonu beş yıllık ortalama değerlere göre, ekim alanı 585 bin ha, üretim 223 bin ton ve verim 379 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Mali’de pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim durumu

Yıllar	Ekilen Alan (1000 ha)	Üretim (1000 ton)	Verim (kg/ha)
2019/2020	735	294	400
2020/2021	165	65	396
2021/2022	720	311	432
2022/2023	596	160	269
2023/2024	710	283	399
2024/2025	720	294	408
Ortalama	585	223	379

Kaynak: USDA, 2024.

1.3. Dünya’da Lif Bitkileri Üretiminde Mevcut Durum (Pamuk Hariç)

Keten (*Linum usitatissimum* L.) lifi, bitkinin gövdesinden, sap kısmından elde edilir. Keten ekim alanı dünyada 2022 yılında 256.541 ha, üretim 875.995 ton, verim ise 2310 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Son beş yılın (2018-2022) ortalamasına göre ekim alanı 257.370 ha, üretim 940.185 ton, verim ise 2354 kg/ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 12).

Kenevir (*Cannabis sativa* L.) lifleri bitkinin saplarından elde edilmektedir. Dünyada kenevir lif amaçlı ekim alanı 2022 yılında 75.057 ha, üretim 247.064 ton, verim 3291 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Son beş yılın (2018-2022) ortalama değerlerine göre ekim alanı 75.570 ha, üretim 227.366 ton, verim ise 3007 kg/ha olarak belirlenmiştir. Dünyada 2022 yılında kenevir üretim ve verim miktarlarında %8 gibi bir artışın olduğu gözlenmiştir.

Jüt (*Corchorus capsularis* L. ve *Corchorus olitorius* L.) tropik ve subtropik bir iklim bitkisidir. Bu bitkinin saplarından lif elde edilir (Bilgili vd., 2018). Dünyada jüt ekim alanı 2022 yılında 1.565.272 ha, üretim 3.503.448 ton, verim ise 2.238 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Son beş yılın (2018-2022) ortalamasına göre ekim alanı 1.556.971 ha, üretim 3.546.359 ton ve verim 2281 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Malvaceae familyasında bulunan, saplarından lif elde edilen bir bitkidir. Dünyada 2022 yılında kenaf ekim alanı 152.200 ha, üretim 224.926 ton, verim 1477 kg/ha olarak belirlenmiştir. Kenaf 2018-2022 yılları arası ortalama ekim alanı 152.995 ha, üretim 228.650 ton, verim ise 1494 kg/ha olarak gerçekleşmiştir.

Rami (*Boehmeria nivea* ve *Boehmeria utilis*) saplarından lif elde edilebilen, çok yıllık lif bitkisidir. Dünyada 2022 yılında rami ekim alanı 3472 ha, üretim 7625 ton, verim 2196 kg/ha olurken, 2018-2022 yılları arası ortalama ekim alanı 20.101 ha, üretim 38.901 ton, verim 2025 kg/ha olarak belirlenmiştir. Son yıllarda rami bitkisinin ekim alanı ve üretim miktarlarında önemli azalmalar görülmüştür.

Sisal (*Agave sisalana* Perr.) yapraklarından lif elde edilen ve liflerin nem çekme özelliği yüksek olan bir bitkidir. Dünyada 2022 yılında sisal ekim alanı 233.364 ha, üretim 213.305 ton, verim 914 kg/ha olurken, 2018-2022 yılları arası ortalama ekim alanı 235.853 ha, üretim 210.098 ton, verim 890 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Agave, Asparagaceae familyasına bağlı, yüzlerce türü bulunan ve yapraklarından lif elde edilebilen bitkilerdir. Dünyada 2022 yılında agave türleri ekim alanı 58.094 ha, üretim 40.639 ton, verim 699 kg/ha olarak belirlenmiştir. Son beş yılın 2018-2022 yılları arası ortalama ekim alanı 57.989 ha, üretim 40.576 ton, verim 699 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Abaca (*Musa textilis* Luis Nee.) liflerinin sağlamlığı nedeniyle genelde gemici halatları, yelken bezlerinde kullanılır, bu bitkiye manila kendiri de denir. Bitkinin yapraklarından lifler elde edilir. Dünyada 2022 yılında abaca bitkisinin ekim alanı 178.427 ha, üretim 107.495 ton, verim 602 kg/ha olarak belirlenmiştir. Son beş yılın 2018-2022 yılları arası ortalama ekim alanı 177.749 ha, üretim 107.674 ton, verim 605 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Hindistan cevizi lifi (*Cocos nucifera* L.) meyvelerinden lif elde edilebilen bir bitkidir (Seki, 2018). Dünyada 2022 yılında 1.939.429 ton üretim gerçekleşmiştir. Son beş yılın (2018-2022) ortalama üretim ise 1.679.644 ton olarak belirlenmiştir.

Kapok (*Ceiba pentandra*) ağacının meyvesi içerisinde bulunan, aynı pamuk gibi bitkinin tohumlarından lif elde edilebilen bir bitkidir. Lifler yumuşak ve dayanıksız olup, hafif ve antialerjik yapısı ile yorgan, yastık, oyuncak gibi malzemelerde dolgu maddesi olarak kullanılmaya oldukça uygun bir tekstil malzemesidir (Türkoğlu vd., 2019; Chan vd., 2023). Dünyada 2021 yılında 75.472 ton üretim gerçekleşmiştir. Kapok 2018-2021 yıllarına ait ortalama üretim ise 80.119 ton olarak belirlenmiştir.

Çizelge 12. Dünya 2018-2022 yıllarına ait lif bitkileri (kenevir, keten, jüt, kenaf, rami, sisal, abaca, agave, kapok, hindistan cevizi lifi) ekim alanı, üretim ve verim değerleri

Bitki Adı	Yıllar	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Keten	2018	240.212	864.618	2.420
	2019	263.826	1.091.187	2.350
	2020	285.109	971.243	2.230
	2021	241.161	897.882	2.460
	2022	256.541	875.995	2.310
Kenevir	2018	74.700	162.864	2.180
	2019	79.213	232.023	2.929
	2020	73.029	219.995	3.012
	2021	75.852	274.883	3.623

Jüt	2022	75.057	247.064	3.291
	2018	1.643.812	3.570.281	2.172
	2019	1.592.473	3.510.893	2.204
	2020	1.486.934	3.650.738	2.455
	2021	1.496.366	3.496.434	2.336
Kenaf	2022	1.565.272	3.503.448	2.238
	2018	153.333	232.468	1.516
	2019	153.520	229.657	1.495
	2020	153.427	229.912	1.498
	2021	152.493	226.286	1.483
Rami	2022	152.200	224.926	1.477
	2018	29.187	56.339	1.930
	2019	31.564	60.353	1.912
	2020	32.537	62.022	1.906
	2021	3.745	8.166	2.180
Sisal	2022	3.472	7.625	2.196
	2018	242.510	207.634	856
	2019	232.116	201.095	866
	2020	235.542	208.131	883
	2021	235.732	220.323	934
Agave	2022	233.364	213.305	914
	2018	57.601	40.477	702
	2019	58.132	40.628	698
	2020	58.128	40.481	696
	2021	57.990	40.656	701
Abaca, (Manila kendiri)	2022	58.094	40.639	699
	2018	178.692	107.994	604
	2019	177.302	107.673	607
	2020	176.683	107.683	609
	2021	177.643	107.523	605
Hindistan Cevizi Lifi	2022	178.427	107.495	602
	2018		1.381.764	
	2019		1.533.083	
	2020		1.720.405	
	2021		1.823.537	
Kapok	2022		1.939.429	
	2018		90.520	
	2019		78.657	
	2020		75.827	
	2021		75.472	

Kaynak: (USDA, 2024; FAO, 2024).

2. TÜRKİYE’DE LİF BİTKİLERİNİN MEVCUT DURUMU

Lif bitkileri, geniş bir kullanım yelpazesi sunarak birçok endüstride ve günlük yaşamda önemli bir rol oynar. Türkiye’de lif bitkisi olarak pamuk, kenevir ve keten üretimi yapılmaktadır. Pamuk, yüzyıllardır dünya genelinde başlıca tekstil ve diğer sanayi dallarının önemli bir hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Sentetik lif üretimi artmasına rağmen, pamuk dünya tekstil sanayindeki önemi ve yerini korumaktadır (ESKGM, 2019).

Kenevirle ilgili kullanım alanları son yıllarda artmış, bu bitkiye yönelik gelişme gösteren birçok sanayi alanları gelişmiştir. Kenevir bitkisinin önemli ürünlerinden biride saplarından elde edilen liflerdir. Bu lifler tekstil, çeşitli dokuma ürünleri, ev tekstil ürünleri, iplik, çeşitli ambalaj materyalleri bunlardan bazılarıdır. Özellikle kenevir lifi kullanılarak üretilen kumaşlar, doğal ürünler olduğu için bu ürünlerin pazarlanması daha kolay olmaktadır. (Yılmaz ve Yazıcı, 2022; Yazıcı, 2023; Yazıcı ve Erbay, 2024).

Kültürü çok eski zamanlardan beri yapılan keten liflerinin, birçok farklı kullanım alanı bulunmaktadır. Pamuk bitkisinin yetişmediği ekolojik koşullarda yetiştirilebilecek önemli bir bitkidir. Keten bitkisi, lif uzunluğu ve dayanıklılığı açısından önem taşır. Son yıllarda tekstil alanında ilerlemelerle birlikte keten lifi, biyobozunabilirlik ve sürdürülebilirlik avantajları nedeniyle yeniden popülerlik kazanmıştır.

Çizelge 13. Türkiye’de 2000-2023 yıllarına ait lif bitkilerin ekim alanı, üretim ve verim miktarları

Yıl	Toplam	Pamuk (kütlü)	Pamuk (lif)	Keten (lif)	Kenevir (lif)
Ekilen alan (Dekar)					
2000	6 553 800	6 541 770	-	3 200	8 830
2001	6 856 550	6 846 650	-	2 900	7 000
2002	7 219 870	7 210 770	-	2 500	6 600
2003	6 382 290	6 373 290	-	2 500	6 500
2004	6 406 400	6 400 450	-	2 200	3 750
2005	5 471 210	5 468 800	-	1 760	650
2006	5 909 105	5 907 000	-	1 460	645
2007	5 303 893	5 302 528	-	806	559
2008	4 950 964	4 950 000	-	670	294
2009	4 200 086	4 200 000	-	20	66
2010	4 806 821	4 806 500	-	100	221
2011	5 420 239	5 420 000	-	82	157

2012	4 885 026	4 884 963	-	0	63
2013	4 508 912	4 508 900	-	0	12
2014	4 681 439	4 681 429	-	0	10
2015	4 340 159	4 340 134	-	15	10
2016	4 160 168	4 160 098	-	25	45
2017	5 018 630	5 018 534	-	50	46
2018	5 186 447	5 186 342	-	50	55
2019	4 778 866	4 778 681	-	25	160
2020	3 592 414	3 592 200	-	113	101
2021	4 323 190	4 322 790	-	76	324
2022	5 732 068	5 731 613	-	90	365
2023	4 776 640	4 774 384	-	139	2 117
Üretim (Ton)					
2000	881 191	2 260 921	879 940	7	1 244
2001	915 421	2 357 892	914 404	17	1 000
2002	989 070	2 541 832	988 120	50	900
2003	920 386	2 345 734	919 531	55	800
2004	936 583	2 455 071	935 928	55	600
2005	863 761	2 240 000	863 700	6	55
2006	976 608	2 550 000	976 540	8	60
2007	867 760	2 275 000	867 716	6	38
2008	673 422	1 820 000	673 400	1	21
2009	638 255	1 725 000	638 250	1	4
2010	816 718	2 150 000	816 705	3	10
2011	954 620	2 580 000	954 600	4	16
2012	858 406	2 320 000	858 400	0	6
2013	877 501	2 250 000	877 500	0	1
2014	846 001	2 350 000	846 000	0	1
2015	738 002	2 050 000	738 000	0,6	1
2016	756 008	2 100 000	756 000	1	7
2017	882 009	2 450 000	882 000	2	7
2018	976 610	2 570 000	976 600	3	7
2019	814 021	2 200 000	814 000	2	19
2020	656 264	1 773 646	656 251	4	9
2021	832 527	2 250 000	832 500	6	21
2022	1 017 537	2 750 000	1 017 500	6	31
2023	777 370	2 100 000	777 000	11	359
Verim (Kg / Dekar)					
2000	-	346	135	2	141
2001	-	344	134	6	143
2002	-	353	137	20	136
2003	-	368	144	22	123
2004	-	384	146	25	160
2005	-	410	158	3	85
2006	-	432	165	5	93

2007	-	429	164	7	68
2008	-	368	136	1	71
2009	-	411	152	50	61
2010	-	447	170	30	45
2011	-	476	176	49	102
2012	-	475	176	-	95
2013	-	499	195	-	83
2014	-	502	181	-	100
2015	-	472	170	40	100
2016	-	505	182	40	156
2017	-	488	176	40	152
2018	-	496	188	60	127
2019	-	460	170	80	119
2020	-	494	183	35	89
2021	-	520	193	79	65
2022	-	480	178	67	85
2023	-	440	163	79	170

Kaynak: TÜİK, 2024

Türkiye’de 2000-2023 yıllarına ait ortalama lif bitkileri ekim alanı 522 bin 771 ha, üretim 852 bin 752 ton olarak gerçekleşmiştir. Lif bitkileri 2023 yılında ise ekim alanı 477 bin 664 ha, üretim ise 777 bin 370 ton olarak belirlenmiştir (Çizelge 13).

Pamuk (kütlü) 2000-2023 yıllarına ait ortalama ekim alanı 522 bin ha, üretim 2.26 milyon ton, verim 441 kg/da’dır. Pamuk (kütlü) ekim alanı 2000 yılında 654 bin ha, üretim 2.26 milyon ton, verim 346 kg/da olurken, ekim alanı 2023 yılında %28 düşüş ile 477 bin ha, üretim %8 düşüş ile 2.10 milyon ton, verim ise %22 artışla 440 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Pamuk (lif) üretimi 2000 yılında 879 bin ton, verim 135 kg/da olurken, 2023 yılında 777 bin ton, verim 163 kg/da olarak belirlenmiştir. Pamuk (lif) son 23 yıllık durum (2000-2023) gözden geçirilecek olursa üretim 852 bin ton, verim 165 kg/da olarak belirlenmiştir.

Türkiye’de 2000-2023 yıllarına ait ortalama keten ekim alanı 78,2 ha, üretim 10 ton, verim 35 kg/da’dır. Keten ekim alanı 2000 yılında 320 ha, üretim 7 ton, ekim alanı 2023 yılında 14 ha, üretim 11 ton, verim ise 79 kg/da olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye’de kenevir (lif) ekim alanı 2000 yılında 883 ha, üretim 1244 ton, verim 141 kg/da olurken, 2023 yılında ekim alanı 211 ha, üretim 359 ton, verim 170 kg/da olarak belirlenmiştir. Kenevirde (lif) son 23 yıllık durum (2000-

2023) gözden geçirilecek olursa ortalama ekim alanı 160 ha, üretim 217 ton, verim 107 kg/da olarak belirlenmiştir. Kenevir ekim alanlarında 2005 yılından sonra önemli düşüş olduğu ancak 2020 yılından sonra ekim alanların az da olsa arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 14. Türkiye’de illere göre pamuk (kütü) ekim alanı, üretim ve verim değerleri

İller		Ekilen (da)	Alan	Üretim Miktarı (ton)	Verim (Kg/da)
Adana	2020	229911		122994	535
	2021	218901		113689	519
	2022	302836		144471	477
	2023	182923		85401	467
Adıyaman	2020	55366		27021	488
	2021	61169		30879	505
	2022	81888		38264	467
	2023	65375		26964	412
Antalya	2020	48368		24529	507
	2021	43794		24373	557
	2022	47343		21669	458
	2023	42801		17810	416
Aydın	2020	544670		271627	499
	2021	493095		264678	537
	2022	574129		283643	494
	2023	565360		242728	429
Balıkesir	2020	1570		701	446
	2021	1112		515	463
	2022	1660		698	420
	2023	1510		548	363
Batman	2020	3731		2269	608
	2021	5507		2897	526
	2022	13085		6186	473
	2023	11335		5212	460
Bursa	2021	3		1	333
	2022	43		18	419
	2023	16		6	375
Çanakkale	2020	376		150	399
Denizli	2020	95395		49986	524
	2021	96850		52601	543
	2022	123595		61932	501
	2023	122795		57856	471
Diyarbakır	2020	403830		217642	539

	2021	552467	309229	560
	2022	829151	408389	493
	2023	705158	303137	430
Gaziantep	2020	34864	16320	468
	2021	42193	21169	502
	2022	59074	26865	455
	2023	47155	19581	415
Hatay	2020	331548	174843	527
	2021	389619	210102	539
	2022	459510	239036	520
	2023	388884	185009	476
Iğdır	2020	3100	1205	389
	2022	1000	375	375
İzmir	2020	277292	148769	537
	2021	262207	150620	574
	2022	332647	172839	520
	2023	248526	115104	463
Kahramanmaraş	2020	25378	13014	513
	2021	38080	20360	535
	2022	70858	34985	494
	2023	43055	16963	394
Kilis	2020	4322	1922	445
	2021	4450	2236	502
	2022	4120	1931	469
	2023	3155	1413	448
Malatya	2022	25	11	440
Manisa	2020	91530	55580	607
	2021	123977	73144	590
	2022	174175	91933	528
	2023	144557	72160	499
Mardin	2020	74419	39747	534
	2021	59541	32712	549
	2022	101977	54193	531
	2023	81980	36204	442
Mersin	2020	42747	19992	468
	2021	29922	13292	444
	2022	44694	18083	405
	2023	18340	6371	347
Muğla	2020	2739	1282	468
	2021	3633	1789	492
	2022	7140	3382	474
	2023	12162	4733	389
Osmaniye	2020	2039	939	461

	2021	1700	832	489
	2022	4600	2295	499
	2023	4655	1853	398
Şanlıurfa	2020	1287469	567251	441
	2021	1834608	892906	487
	2022	2424783	1102859	455
	2023	2034343	881030	433
Siirt	2020	4145	2000	483
	2021	6655	4022	604
	2022	11080	6551	560
	2023	7880	4259	540
Şırnak	2020	27391	13863	506
	2021	53307	27954	524
	2022	62200	29392	473
	2023	42419	15658	369
Türkiye	2020	3592200	1773646	494
	2021	4322790	2250000	520
	2022	5731613	2750000	480
	2023	4774384	2100000	440

Kaynak: TÜİK, 2024.

Türkiye 2020-2023 yılları arasında pamuk ekim alanları sırasıyla (359 bin ha, 432 bin ha, 573 bin ha, 477 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Pamuk (kütü) üretim miktarları ise 1 milyon 773 bin ton, 2 milyon 250 bin ton, 2 milyon 750 bin ton ve 2 milyon 100 bin ton olarak belirlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre pamuk ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde, en fazla sırasıyla Şanlıurfa %42, Diyarbakır %14 ve Aydın %11, Hatay %8 ve İzmir %5 pay ile ilk sıralarda yer almaktadır (Çizelge 14).

Çizelge 15. Türkiye’de illere göre pamuk (lif) ekim alanı, üretim ve verim değerleri

İller		Ekilen Alan	Üretim	Verim
		(da)	Miktarı (ton)	(Kg/da)
Adana	2020	229911	45510	198
	2021	218901	42066	192
	2022	302836	53456	177
	2023	182923	31598	173
Adıyaman	2020	55366	9997	181
	2021	61169	11425	187
	2022	81888	14158	173
	2023	65375	9976	153
Antalya	2020	48368	9075	188
	2021	43794	9018	206

	2022	47343	8018	169
	2023	42801	6590	154
Aydın	2020	544670	100501	185
	2021	493095	97931	199
	2022	574129	104948	183
	2023	565360	89809	159
Balıkesir	2020	1570	259	165
	2021	1112	190	171
	2022	1660	259	156
	2023	1510	203	134
Batman	2020	3731	839	225
	2021	5507	1073	195
	2022	13085	2289	175
	2023	11335	1929	170
Bursa	2021	3	0	0
	2022	43	7	163
	2023	16	2	125
Çanakkale	2020	376	56	149
Denizli	2020	95395	18495	194
	2021	96850	19463	201
	2022	123595	22916	185
	2023	122795	21405	174
Diyarbakır	2020	403830	80528	199
	2021	552467	114413	207
	2022	829151	151104	182
	2023	705158	112161	159
Gaziantep	2020	34864	6038	173
	2021	42193	7832	186
	2022	59074	9940	168
	2023	47155	7245	154
Hatay	2020	331548	64694	195
	2021	389619	77738	200
	2022	459510	88443	192
	2023	388884	68454	176
Iğdır	2020	3100	446	144
	2022	1000	139	139
İzmir	2020	277292	55045	199
	2021	262207	55731	213
	2022	332647	63952	192
	2023	248526	42589	171
Kahramanmaraş	2020	25378	4815	190
	2021	38080	7534	198
	2022	70858	12944	183
	2023	43055	6276	146
Kilis	2020	4322	711	165
	2021	4450	828	186
	2022	4120	714	173

	2023	3155	524	166
Malatya	2022	25	4	160
Manisa	2020	91530	20565	225
	2021	123977	27061	218
	2022	174175	34016	195
	2023	144557	26701	185
Mardin	2020	74419	14706	198
	2021	59541	12105	203
	2022	101977	20051	197
	2023	81980	13397	163
Mersin	2020	42747	7397	173
	2021	29922	4918	164
	2022	44694	6691	150
	2023	18340	2357	129
Muğla	2020	2739	474	173
	2021	3633	662	182
	2022	7140	1249	175
	2023	12162	1751	144
Osmaniye	2020	2039	347	170
	2021	1700	308	181
	2022	4600	849	185
	2023	4655	685	147
Şanlıurfa	2020	1287469	209883	163
	2021	1834608	330373	180
	2022	2424783	408055	168
	2023	2034343	325979	160
Siirt	2020	4145	740	179
	2021	6655	1488	224
	2022	11080	2424	207
	2023	7880	1576	200
Şırnak	2020	27391	5130	187
	2021	53307	10343	194
	2022	62200	10874	175
	2023	42419	5793	137
Türkiye	2020	3592200	656251	183
	2021	4322790	832500	193
	2022	5731613	1017500	178
	2023	4774384	777000	163

Kaynak: TÜİK, 2024.

Türkiye 2020-2023 yılları arası pamuk (lif) üretim miktarları 656 bin ton, 832 bin ton, 1 milyon 17 bin ton, 777 bin ton olarak belirlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre pamuk (lif) üretim miktarları payı

incelendiğinde, en fazla sırasıyla Şanlıurfa %41, Diyarbakır %14 ve Aydın %11, Hatay %8 ve İzmir %5 pay ile ilk sıralarda yer almaktadır (Çizelge 15).

Çizelge 16. Türkiye’de illere göre keten (lif) ekim alanı, üretim ve verim değerleri

İller		Ekilen Alan (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (Kg/da)
Afyonkarahisar	2020	35	2	80
	2021	60	5	83
	2022	50	4	80
	2023	0	0	0
Bartın	2021	3	0	0
	2022	3	0	0
Eskişehir	2021	12	1	83
İstanbul	2022	34	2	59
	2023	34	3	88
Kastamonu	2023	5	0	0
Samsun	2023	100	8	80
Sinop	2020	32	0	0
Yozgat	2020	46	2	43
	2021	1	0	0
	2022	3	0	0
Türkiye	2020	113	4	48
	2021	76	6	79
	2022	90	6	69
	2023	139	11	79

Kaynak: TÜİK, 2024.

Türkiye 2020-2023 yılları arası keten (lif) ekim alanları sırasıyla 113 da, 76 da, 90 da, 139 da olarak gerçekleşmiştir. Keten (lif) üretim miktarları ise 4 ton, 6 ton, 6 ton, 11 ton olarak, verim ise 48 kg/da, 79 kg/da, 69 kg/da, 79 kg/da belirlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre keten (lif) ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde, Samsun %73, İstanbul %27 oranında pay’a sahiptir (Çizelge 16).

Çizelge 17. Türkiye’de illere göre kenevir (lif) ekim alanı, üretim ve verim değerleri

İller		Ekilen Alan (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (Kg/da)
Bartın	2020	49	4	82
Burdur	2020	16	1	91
	2021	22	2	91

	2022	9	1	111
	2023	11	1	91
Çorum	2021	16	2	125
Karabük	2020	6	1	167
Kastamonu	2020	16	1	63
	2021	7	1	143
	2023	332	102	307
Sakarya	2021	87	9	103
	2022	100	0	0
Samsun	2020	14	2	143
	2022	188	24	128
	2023	1754	254	145
Sinop	2022	15	2	133
Sivas	2021	176	5	28
	2022	47	3	64
	2023	16	1	63
Tokat	2021	4	1	250
	2022	4	1	250
	2023	4	1	250
Uşak	2021	12	1	83
	2022	2	0	0
Türkiye	2020	101	9	94
	2021	324	21	65
	2022	365	31	117
	2023	2117	359	170

Kaynak: TÜİK, 2024.

Türkiye 2020-2023 yılları arası kenevir (lif) ekim alanları sırasıyla 101 da, 324 da, 365 da, 2117 da olarak gerçekleşmiştir. Kenevir (lif) üretim miktarları ise 9 ton, 21 ton, 31 ton, 359 ton olarak, verim ise 94 kg/da, 65 kg/da, 117 kg/da, 170 kg/da belirlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre kenevir (lif) ekim alanları payı incelendiğinde, en fazla sırasıyla Samsun %82, Kastamonu %15 oranında, üretim miktarlarında ise Samsun %70, Kastamonu %28 pay'a sahiptir (Çizelge 17).

3. SONUÇ

Türkiye ekonomisinde tarım büyük öneme sahiptir, özellikle tarla bitkileri arasında lif bitkilerinin payı önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'nin iklim şartları ve tarım potansiyeli, lif bitkilerinin verimli bir şekilde yetiştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle, lif bitkileri Türkiye tarımının ve ekonomisinin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Ülkemizin çeşitli

bölgelerinde pamuk, keten, kenevir gibi lif bitkileri yetiştirilmekte olup, bu türlerin ekonomik değeri ve tarımsal üretim üzerindeki etkileri büyüktür. Pamuk tekstil sektörünün en önemli doğal hammaddesi olması yanında bitkisel yağ, yem gibi birçok farklı sanayi dallarında kullanılmaktadır. Kenevirin son yıllarda kullanım alanı çeşitlenmiş, tekstil, gıda, inşaat, enerji, ilaç, kompozit malzemeler, selüloz ve kozmetik ürünler gibi sanayinin pek çok ana ve alt imalat alanlarında kullanılmaktadır. Kenevir sektöründe giderek artan yeni bir pazar oluşmaktadır. Keten lif olarak kullanımı yanında, kağıt gıda, yem ve yağ sanayisinde kullanılmaktadır. Bu yönleriyle lif bitkilerine olan ihtiyaç, ülkemizde artış göstermekte ve gelecek yıllarda da artacağı beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Bilgili, M.E., Süllü, S., Sevilmiş, U., 2018. Jüt Tarımı ve Mekanizasyonu, Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dagdas Crop Research 7 (2): 66-75, 2018.
- Chan, E.W.C, Yeong, S.W., Wong, C.W., Soo, O.Y.M., Phua, A.C.Y., Ng, Y.K., 2023. Ceiba pentandra (L.) Gaertn.: An overview of its botany, uses, reproductive biology, pharmacological properties, and industrial potentials, Journal of Applied Biology & Biotechnology 2023;11(1):1-7.
- Dumanoğlu, Z., 2020. Keten Tohumlarının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, 2020.
- ESKGM, 2019. Pamuk Raporu, TC Ticaret Bakanlığı, Esnaf, Sanatkârlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü.
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#home> Erişim Tarihi: 20.06.2024.
- Mert, 2011. Pamuk Tarımının Temelleri, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi No:7.
- Mert, M., Çopur, O. 2010. Lif Bitkileri Üretimini Artırılması Olanakları, Türkiye Ziraat Mühendisleri VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara, Bildiriler Kitabı ss. 397-421.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 15.06.2024.
- Türkoğlu, K.B., Kalaycı, E., Avinç, O., Yavaş, A., 2019. Oleofilik Buoyans Özellikli Kapok Lifleri ve Yenilikçi Yaklaşımlar, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7 (2019) 61-89.
- USDA, 2024. U.S. Department Of Agriculture, <https://www.usda.gov/> Erişim Tarihi: 15.06.2024.
- Yasemin SEKİ (2018): Hindistan Cevizi Liflerinin Yüzey Özelliklerine, Termal Bozunma Davranışlarına ve Yapısal Karakterizasyonuna Oksidatif Modifikasyonun Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 25: 111, 189-195.
- Yazici, L., 2023. Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.), Journal of King Saud University – Science 35 (2023) 102419.
- Yazici, L., Erbay M.B., (2024). Çay Posası ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Kenevirin Verim Değerleri Üzerine Etkisi'. EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(1): 126-133.
- Yılmaz, G., Yazici, L., 2022. Dünya’da Yükselen Değer; Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.). Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, Cilt: 1, Sayı:1, Syf: 54-61.

Yılmaz, S., Uzun A., 2019. Keten Tarımı, TC. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun.

BÖLÜM 6

BİTKİ STRES FİZYOLOJİSİNDE FENOMİKS

Arş. Gör. | İbrahim UZ¹

Doç. Dr. | Sefer DEMİRBAŞ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285938>

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, ibrahimuz@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1164-3867

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, sdemirbas@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7201-3888

GİRİŞ

Nüfus artışı ve iklimsel değişikliklerin etkisiyle yeni ortaya çıkan ve şiddetini arttıran biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin tarımsal üretimdeki baskısı her geçen yıl daha da artmaktadır. Özellikle Afrika ve Asya kıtasında ortalama mahsul veriminde 2050 yılına doğru %8 oranında düşüş yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bitki stres fizyolojisi çalışmaları biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkilerini belirleme ve olumsuz senaryolara karşı çözüm önerilerinin sunulması açısından büyük önem arz etmektedir (Knox vd., 2012).

Geleneksel bitki ıslah yöntemleri dünya çapında mahsul veriminde önemli kazanımlar sağlamıştır. Günümüzde genomik ve gen teknolojilerinin gelişimi geleneksel ıslahın sürecini oldukça hızlandırmış ve hedefe yönelik sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu alandaki gelişmeler stres koşullarında meydana gelen gen anlatımlarının belirlenmesine imkân tanımıştır. QTL (Kantitatif Özellik Lokusu) haritalama çalışmaları geleneksel ıslah çalışmalarına önemli bir yol haritası oluşturmaktadır (Zamir, 2013).

QTL haritaların oluşturulmasında dane verimi, abiyotik stres toleransı ve besin kalitesi gibi özelliklerin fenotiplemelerinin yapılması oldukça zahmetli ve teknik olarak zorlayıcıdır. Zorlukların başlıca sebebi kontrol edilemeyen ortamda birkaç mevsim birden fazla deneme yapılıp elde edilen sonuçların yorumlanmasındaki güçlüklerdir. Bu yüzden mevcut fenotipleme tekniklerinin teknoloji ile geliştirilerek birçok parametrede hassas ölçümler yapabilir hale getirilmesi için bu konuda son 10 yılda oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Geliştirilen sistemler ve yazılımlar sayesinde bu analizler yalnızca laboratuvar koşullarında değil, aynı zamanda kontrollü koşullarda ve tarla koşullarında kullanılabilecek hale getirilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde geliştirilen yazılım ve sistemler sayesinde fenotipleme çalışmalarında kesin ve doğru sonuçlar elde edilmesi “fenomiks” çağının bir başlangıcı olmuştur (Kumar vd., 2015).

Fenom kelimesi genom ve dış etkenlerin dış görünüşe yansımalarının tamamını ifade etmektedir. Omiks ise yunanca “ome” bütünlük anlamına gelen kelimeden türetilerek karmaşık sistemleri bütüncül olarak ele almak anlamına gelmektedir (Großkinsky vd., 2015). Fenomiks, genomiks ile benzer görünse bile fenomiksin dış koşullardan önemli ölçüde etkilenmesinden dolayı genomikse kıyasla tam karakterizasyonu zordur (Houle vd., 2010). Fenomiks, yüksek

verimli görüntüleme teknolojileri ve gelişmiş yazılımlar kullanılarak fenotipik değişimlerin analizlerinin yapıldığı bir çalışma alanı olarak tanımlanır (Fehér-Juhász vd., 2014). Fenomiks ileri ve tersine fenomiks olarak ikiye ayrılmaktadır. İleri fenomiks değerli özelliklerinin belirlenmesi için germplazm koleksiyonlarının taranmasıdır. Tersine fenomiks ise çeşitli fizyolojik, biyokimyasal ve biyofiziksel süreçlerin kontrolünde yer alan genleri tespit etmek için yapılan analiz yöntemine denir (Lobos vd., 2017).

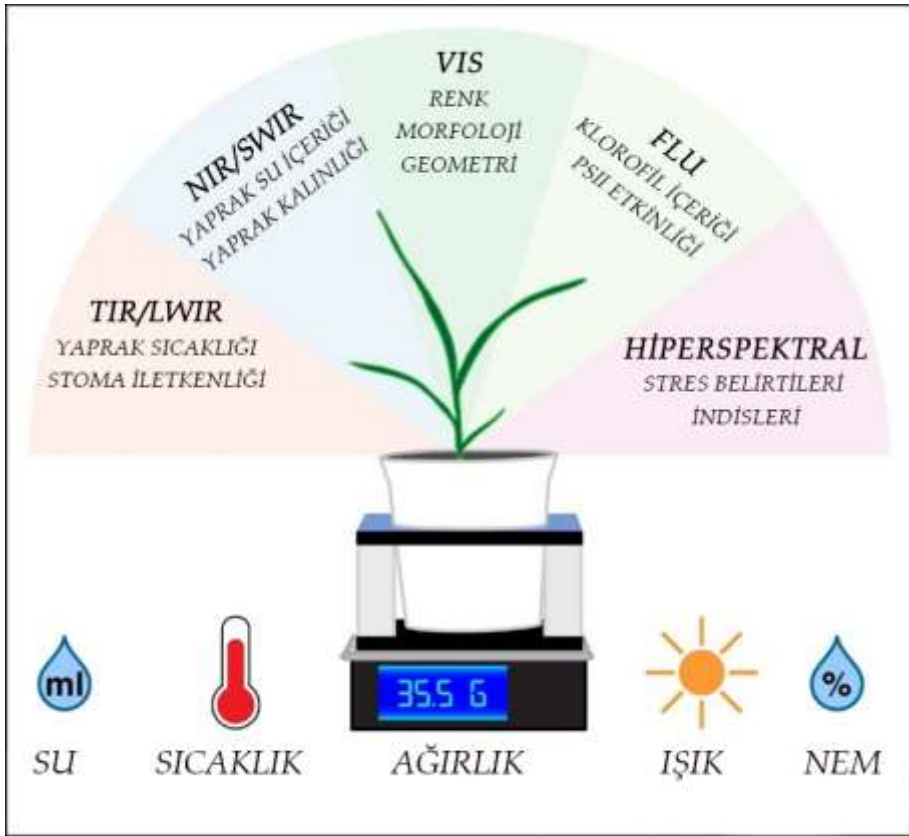
Fenomiks çalışmaları sera gibi kapalı ortamlarda yoğun olarak çalışılsa da büyük ölçekli arazi tabanlı çalışmalar için de kullanılmaktadır. Serada kullanılan farklı amaçlara göre tasarlanmış birçok bitki fenotipleme platformları vardır. Bunlar phenovator, LemnaTec Scanalyzer 3D ve Enviratron olarak örneklendirilebilir (Şekil 1a). Arazi çalışmalarında çalışmanın yapıldığı alan ve çalışılan bitkiye göre değişmekle birlikte birçok farklı fenotipleme platformları arazi için optimize edilmiştir. Arazide kullanılan fenotipleme platformlarına örnek olarak NU-Spidercam, Field Scanalyzer, Vinobot, Phenomobile ve Pheno-Copter verilebilir (Şekil 1b) (Li vd., 2020).



Şekil 1: Farklı amaçlara göre tasarlanmış ticari fenotipleme platformları: (a) Sera bitki fenotipleme platformları, (b) Arazi tabanlı bitki fenotipleme platformları (Li vd., 2020)

Fenomiks çalışmalarında yüksek çözünürlüklü RGB (kırmızı, yeşil, mavi), yakın kızılötesi, kızılötesi, florasan, multispektral ve hiperspektral kameralar kullanılmaktadır. Bu kameraların önünden geçebileceği raylı bir sistem veya sabit masa kullanılmaktadır. Kameralara ek olarak farklı sensörler ve görüntüleme sistemleri de çalışmaya yönelik tercih edilmektedir (Şekil 2). Arka planın yazılımlar aracılığıyla kolayca ayırt edilebilmesi için açık mavi fon kullanılmaktadır. Saksının toprağı beyaz çakıl taşı veya malç naylonu ile kapatılarak yaprakların daha net algılanması sağlanmaktadır. Uzun bitkileri desteklemek için kullanılan ip veya çubukların yeşil renkte olmaması

gerekmektedir. Işıklandırma üstten ve iki yandan homojen ve optimum yoğunlukta olmalı ve yansıma yapmamalıdır. Düşük pozlama tercih edilerek üstten ve iki taraftan görüntüler alınmaktadır. Elde edilen görüntüler bazı ticari yazılımlar ile kullanılarak analiz edilmektedir (Singh vd., 2015). Yüksek verimli bitki fenotipleme platformları, çevre etkileşimleriyle genotipi fenotipe göre ölçmek için çevresel (su kaynağı, ışık yoğunluğu, sıcaklık, nem) ve fiziksel (bitki ağırlığı) verileri toplamaktadır (Şekil 2) (Fahlgren vd., 2015).



Şekil 2: Fenomiks çalışmalarında yapılan analizler ve kullanılan sistemlerin genel görseli (Fahlgren vd., 2015)

Fenotipleme teknolojisi ile yapılan çalışmalarda; bitki yüksekliği, yaprak uzunluğu ve genişliği, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak sıcaklığı, çiçeklenme zamanı, kök uzunluğu ve hacmi, gövde kalınlığı ve dallanma deseni, çiçek ve

meyve sayısı, fotosentez etkinliği, nekroz ve kloroz alanı ölçümü, biyotik ve abiyotik stres belirteçleri gibi kullanılan cihaz ve otomasyonlara göre değişmekle birlikte birçok önemli fenotipik veri elde edilebilmektedir (Arya vd., 2022).

Fenotipleme çalışmalarının avantajlarının yanı sıra bazı önemli dezavantajları da vardır. Sistemlerin kurulum maliyeti oldukça yüksektir. Bakım ve onarımı için teknik bilgi ve donanım gerekmektedir. Sistemlerde kullanılan bitkilerin yaprak, sürgün, gövde ve çiçek yapılarının yapılacak analizlerde kullanılan yazılımlar için optimize edilmesi gerekmektedir. Bu süreç çalışma öncesinde yapılan ön çalışma sürecinde oldukça zahmetli ve vakit alan bir geliştirme sürecidir. Ayrıca arazi çalışmalarında yapılan çalışmalarda kontrolsüz koşulların sürekli değişken olmasından dolayı elde edilen verilerde sonuçların doğruluk oranı düşmektedir (Minervini vd., 2015).

1. BİTKİ FENOTİPLEME TEKNOLOJİSİ

Geçmişte fenotipik analizler pahalı, zahmetli ve uzun zaman almaktaydı. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte güvenilir, otomatik, çok işlevli ve yüksek verimli fenotipleme teknolojileri ortaya çıkmıştır. Fenotipleme teknolojisinin getirmiş olduğu kolaylıklar ve hassas analiz kapasitesi sayesinde ıslah programlarının verimliliği oldukça artmıştır (Li vd., 2020). Fenotipleme platformu oluşturulması için gereken ana unsurlar otomasyon elemanları, görüntüleme elemanları ve görüntü işleme ve yazılımlardır.

1.1. Otomasyon elemanları

Otomasyon elemanları kurulan sistemlerdeki bitkilerin ihtiyacı olan sıcaklık, ışık, nem, su ve gübre gibi bitki bakımında önemli olan elemanların yanı sıra görüntüleme elde edilen görüntülerin işlenebilmesini sağlayacak destek elemanlarını da içermektedir.

1.1.1. Ortam şartlarını kontrol eden elemanlar

Özellikle tam kontrollü koşullarda yapılan fenotipik analizlerde ortam şartlarının optimum koşullarda veya istenilen koşullarda tutulmasını sağlayan elemanlardır. Sera veya büyütme odalarında gerçekleştirilen fenotipleme

çalışmalarında sıcaklığın istenilen seviyede tutulabilmesi için tam kontrollü klima veya ısıtıcı-soğutucu elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Cam veya polikarbon gibi ışığı geçiren seralarda yüksek sıcaklıklarda gölgeleme yapılabilmesi için perde gerekmektedir. Perde aynı zamanda ışık yoğunluğunun ayarlanmasında da etkin rol oynamaktadır. Ayrıca istenilen fotoperiyotun uygulanabilmesi için zamanlayıcı özelliği bulunan aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır. Ortam koşullarında bir diğer önemli etken ise nemdir. Ortam nemini ölçen cihazlar ve nemlendirici sistemler kullanılarak ortamdaki nem istenilen seviyede tutulabilmektedir (Shamshiri vd., 2013).

1.1.2. Sulama ve gübreleme sistemi

Kontrollü koşulların sağlanabilmesi, bitkinin ihtiyacı olan su ve gübrenin verilebilmesi ve yapılan çalışmanın homojen bir şekilde yürütülebilmesi için gerekli olan sistemdir. Sulama ve gübreleme sisteminin önemli parçalarından birisi de terazilerdir. Saksılar terazi üzerine alınarak gerekli miktarda sulama ve gübreleme yapılmasına olanak sağlamaktadır (Kim vd., 2023).

1.1.3. Yardımcı elemanlar

Kurulması planlanan fenotipleme sistemine göre birçok farklı yardımcı eleman kullanılmaktadır. Arazide yapılan fenotipleme çalışmalarında dron, traktör, halatlı kamera sistemleri gibi birçok farklı yardımcı elemanlar kullanılmaktadır. Sera ve büyütme odalarında kullanılan yardımcı elemanlar ise yapılan çalışmaya ve çalışmanın kapsamına göre değişmektedir. Birçok sistem otomasyon üzerine kurgulandığından dolayı mümkün olduğunca az iş yükü gerektirecek yardımcı sistemler kullanılmaktadır. En temel otomasyon sistemi olarak bantlı sistemleri ele alacak olursak saksıların tanımlanmasında önemli rol oynayan barkod ve radyofrekans ile tanımlama (RFID) teknolojisi kullanılmaktadır. Ayrıca bu saksıların sistem üzerindeki hareketini kontrol etmek üzere fotoselli ve lazerli sensörler kullanılmaktadır. Saksılarda bulunan bitkilerin görüntülerinin kolaylıkla alınıp işlenebilmesi için bazı destek ve kapatıcı parçalar kullanılmaktadır. Bunlar yazılımlar tarafından kolayca ayırt edilebilip çıkarılabilsin diye mavi renkte tercih edilmektedir (Tanabata vd., 2022).

1.2. Görüntüleme elemanları

Görüntüleme elemanları ışık, kamera ve diğer görüntüleme elemanlarından (manyetik rezonans görüntüleme (MRI), pozitron emisyon tomografisi (PET), bilgisayarlı tomografi (CT), X-ışını vb.) oluşmaktadır. Bitkilerin görüntülenmesi “fotoğraf çekmekten” ibaret değildir. Görüntülemenin amacı, yansıyan fotonlar, emilen fotonlar veya iletilen fotonlar gibi ışık ve bitkiler arasındaki etkileşim yoluyla bir fenotipi niceliksel olarak ölçmektir. Bitki hücrelerinin ve dokularının her bir bileşeni dalga boyuna özgü absorpsiyon, yansıtma ve geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Örneğin, klorofil fotonları öncelikle görünür ışığın mavi ve kırmızı spektral bölgesinde emer; su yakın ve kısa dalga boylarında birincil emilim özelliklerine sahiptir ve selüloz fotonları 2200 ila 2500 nm arasındaki geniş bir bölgede emer. Farklı dalga boylarında görüntüleme, bitki fenotiplemenin farklı yönleri için kullanılmaktadır (Liv d., 2014).








1.2.1. Işık

Işık kaliteli görüntü alınmasının yanı sıra farklı dalga boylarındaki ve yoğunluklardaki ışıkların bitkilerde fotosentez aktivitesi üzerine etkilerinin incelenmesi için önemlidir. Fenotipleme platformlarında görüntüleme ışık kaynağı olarak efektif olmasından dolayı led lambalar tercih edilmektedir (Alexandersson vd., 2018).

1.2.2. Kamera

Görüntülemenin amacı, yansıyan fotonlar, emilen fotonlar veya iletilen fotonlar gibi ışık ve bitkiler arasındaki etkileşim yoluyla bir fenotipi kantitatif olarak ölçmektir. Bitki hücrelerinin ve dokularının her bir bileşeni dalga boyuna özgü emilim, yansıtma ve geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Farklı dalga boylarında görüntüleme, bitki fenotiplemenin farklı yönleri için kullanılır. Işık, farklı sensörler tarafından yakalanabilen elektromanyetik radyasyondur. Görüntüleme kullanılan farklı kamera ve sensörler bitkiden yansıyan farklı dalga boylarındaki ışığı yakalayıp görünür bölgede gerçekleşen fizyolojik değişimlerin incelenmesine olanak sağlamaktadır (Li vd., 2014).

Bitki fenotipleme çalışmalarında yapılan çalışmaya göre tercih edilen birçok farklı özelliklere sahip kameralar kullanılmaktadır. Görünür, kızılötesi, floresan görüntüleme ve görüntüleme spektroskopisi gibi birkaç farklı görüntüleme teknolojisinden faydalanarak bitki organlarından birkaç dakika içinde moleküler ölçeğe kadar yüksek verimli, çok boyutlu fenotipik bilgi elde etmek mümkündür. RGB, stereo kamera, lidar sensör ve multi/hiperspektral kameralar ile elde edilebilen görünür görüntüleme öncelikle görüntü tabanlı öngörülen biyokütle, yaprak alanı, renk, büyüme dinamikleri, fide canlılığı, tohum morfolojisi, kök mimarisi, yaprak hastalık şiddeti değerlendirmeleri, verim, meyve sayısı ve dağılımı gibi bitki mimarisinin yönlerini ölçmek için kullanılır. Floresan sensörü ile yapılan floresan görüntüleme, genetik hastalık direncinde hastalık tespiti için ve strese karşı verilen fotosentetik tepkilerin görüntülenmesi için kullanılmaktadır. Termal kızılötesi görüntüleme, abiyotik stres adaptasyonu için su durumuna ve transpirasyon oranına bitki tepkisinin bir ölçüsü olarak stoma iletkenliğindeki farklılıkları tespit etmek için bitki sıcaklığını karakterize etmektedir. Görüntüleme spektroskopisi, deneyler sırasında spatiotemporal büyüme modellerinin ölçülmesi ve ayrıca bitki örtüsü endekslerini, su içeriklerini, tohumların bileşim parametrelerini ve verim potansiyeli çalışmalarında pigment bileşimini ölçmek için bitki spektroskopisi verilerinin toplanması gibi yollarla büyüme dinamiklerinin itici güçleri hakkında bilgi vermektedir. Fenotipleme platformlarında kullanılan kamera/sensör sistemlerinin hangi değişkenin belirlenmesinde kullanıldığı Şekil 3'te gösterilmektedir (Li vd., 2021).

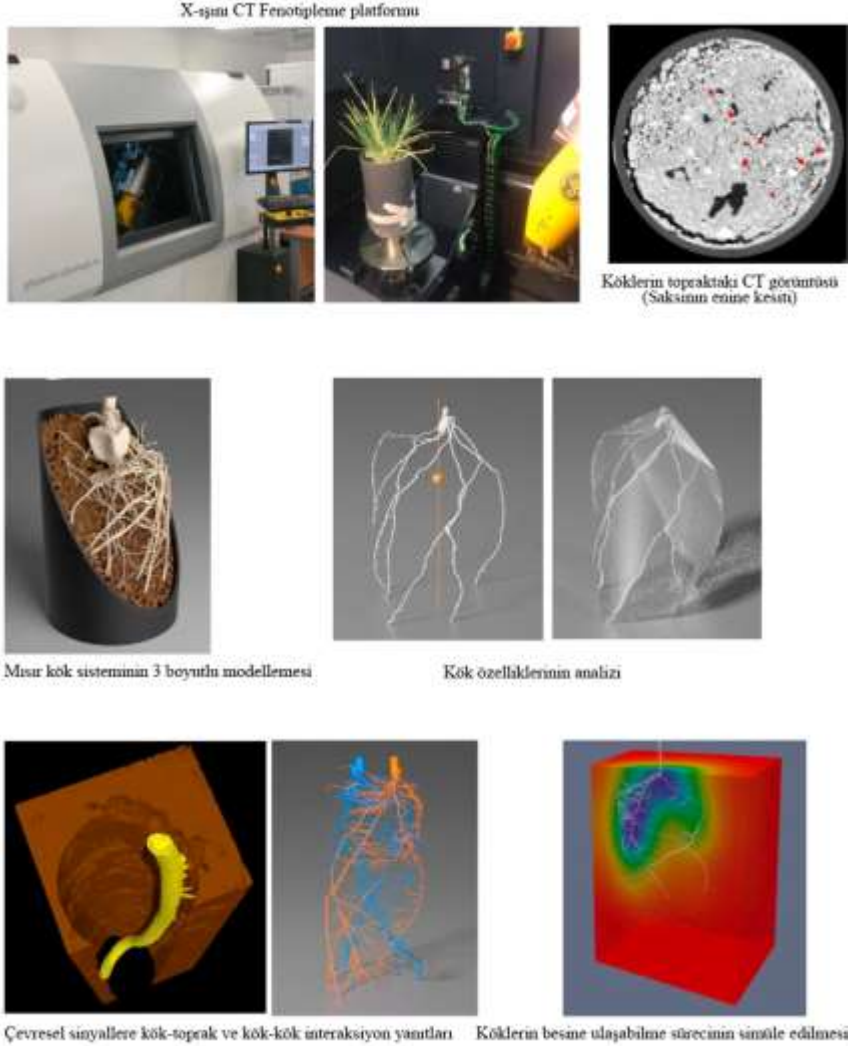
	Morfolojik Yapısal Özellikler				Fizyolojik Fonksiyonel Özellikler				Bileşen İçerik Özellikleri		
	Büyük Düşük	Yüksek	Alan	Çevre	FAPAR	Fluoresans	RGB	Yapısal	Ultraviyole	Yapısal	Yapısal
 RGB Kamera	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
 Multi/Hiperspektral Kamera	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
 Termal Kamera	×	×	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	✓
 Fotosentez Sensörü	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓	×	×	×
 Fluoresans Sensörü	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓	×	×	×
 Stereo Kamera	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×
 Lidar Sensör	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×

Şekil 3: Fenotipleme platformlarında kullanılan görüntüleme sistemleri ve kullanım amaçları (Li vd. (2021)'den değiştirilerek) Not: FAPAR (Emilen Fotosentetik Aktif Radyasyon Fraksiyonu) fotosentez sırasında kullanılabilir güneş ışığının ne kadarının kullanılabildiğini ifade etmektedir.

1.2.3. Diğer görüntüleme teknolojileri

Toprakta bulunan köklerin yüksek çözünürlüklü ve dinamik 3 boyutlu görüntülenmesi, fenotipleme araştırmalarını sınırlayan unsurlardandır. MRI, X-ışını, PET, CT olmak üzere iki teknik, son birkaç yıl içinde ortaya çıkmıştır ve hassas fenotipleme ile ilgili olarak kök resimlerini elde etmek ve yapısal ve işlevsel modellere yardımcı olmak için kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4). 3 boyutlu yapısal ve fizyolojik özellikler PET ve MRI ile non-invaziv olarak elde edilmiştir. PET taraması etiketli fotoasimilatlar (NADPH, ATP, su vb.) gibi kararsız izotoplarla etiketlenmiş ürünlerin dağılımını ölçmek için kullanılırken, MRI ise su protonlarının nükleer manyetik rezonansı yoluyla ksilem ve floem

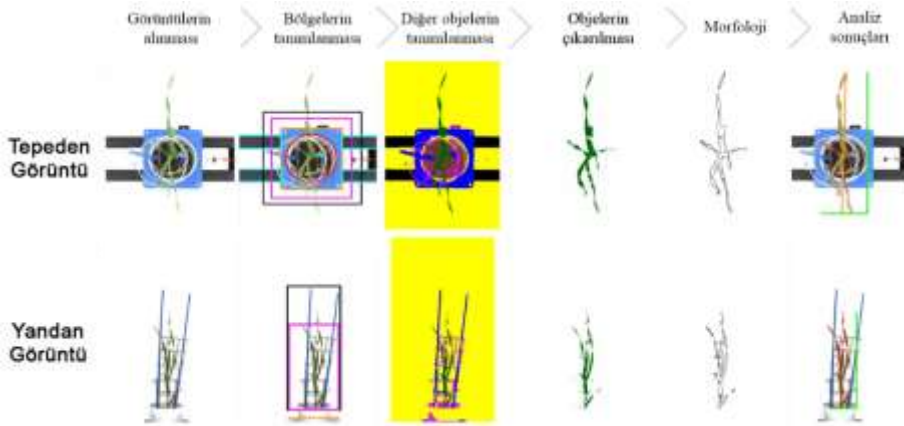
içerisindeki su akışlarını haritalamak ve ölçmek için kullanılmaktadır. Bu alandaki heyecan verici bir gelişme, MRI'nın sera ve tarla koşullarında kullanılabilen taşınabilir cihazlara indirgenmesidir. Bitki biyolojisindeki MRI uygulamaları yakın zamanda kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve toprakta yetişen bitkilerin kök dinamiklerini çözmenin ötesinde, tohumların görüntülenmesine, su ve metabolitlerin dinamik görüntülenmesine kadar ilerleme kat etmiştir (Fiorani ve Schurr, 2013).



Şekil 4. X-ışını CT fenotipleme platformu ile yapılan görüntülemeler ile yapılan başlıca analizler (Tardieu vd., 2017)

1.3. Görüntü işleme ve analiz

Birçok farklı biyolojik tür için görüntü işleme ve görüntü analizini destekleyen çeşitli araçlar mevcuttur. Bu konuda popüler araçlardan birisi olan ImageJ açık kaynaklı, kolay kullanımı ve çok yönlü kullanım imkânı sayesinde ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Matlab, R ve Phyton gibi programlama dilleri kullanılarak birçok analizin kolaylıkla gerçekleştirilmesi mümkündür. Birçok ticari fenotipleme platformları kendi görüntü işleme yazılımlarını geliştirmişlerdir. Bu yazılımların görüntü işleme ve analiz süreci temel olarak; görüntüyü alma, görüntüde bulunan obje ve bölgelerin tanımlanması, objelerin çıkarılması ve elde edilen son görüntüde bitki morfolojisinin analiz edilmesidir (Şekil 5) (Hartmann vd., 2011). Bu süreci gerçekleştirirken her görsel için öncelikle bitkinin bulunduğu ana hat seçilir. Ardında bitkinin istenilen kısımlarının renk tonlarına göre kullanılan yazılıma göre değişmekle birlikte renk formülasyonu oluşturulur. Renk formülasyonu bitkiyi tanımlayan ve bitki haricindeki saksı, kafes, destek çubukları ve arka plan gibi bütün kısımları elemine edecek şekilde oluşturulmalıdır. Elde edilen görüntüde piksel üzerinden alan ve çevre hesaplamaları yapılır. Piksel rengi, yoğunluğu ve dağılımı üzerinden ise diğer morfolojik özellikler hesaplanmaktadır. Yapılan analizin iş yükü ve alacağı süre elde edilen verilerin miktarına ve hesaplanan verilerin hassasiyetine göre değişmektedir. Birçok görüntü işleme çalışmasında asıl zaman alan süreç optimizasyon süreci olan renk formülasyonunun oluşturulması sürecidir. Optimize edilmiş bir çalışmada tek tük ile binler görselin analizi kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir (Lee vd., 2018).



Şekil 5: Bitki fenotiplemede genel görüntü işleme ve analiz süreci (Hartmann vd., 2011)

2. BİTKİ STRES TOLERANS ÇALIŞMALARINDA FENOMİKS

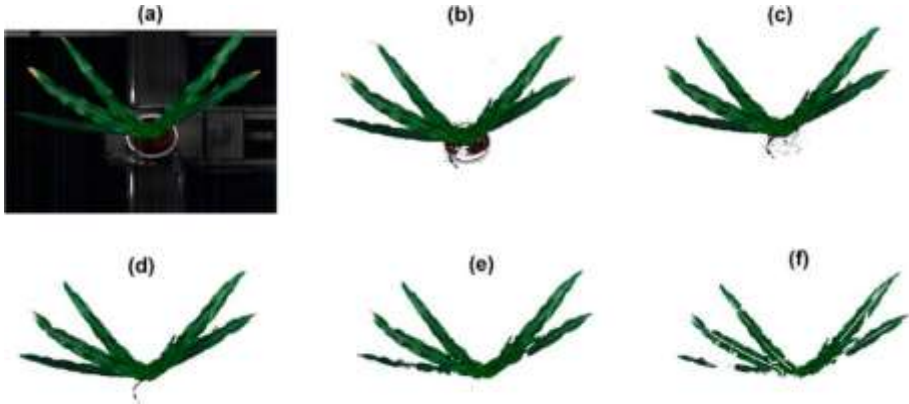
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkisiyle bitkiler sürekli strese maruz kalmaktadırlar. Bu konuda gelecekteki olumsuz senaryolara önlem alınabilmesi için yapılacak çalışmalar geleceği şekillendirecek öneme sahiptir (Pandey vd., 2017). Bitki stres tolerans çalışmaları abiyotik ve biyotik stres toleransı olarak iki ana grubu ayrılmaktadır. Abiyotik stres, bitki gelişimini azaltan ve sonuçta verim kaybına yol açan çevresel koşullar olarak tanımlanmaktadır. Abiyotik streslere karşı bitki tepkileri dinamik ve karmaşıktır. Fenotipik etkiler, stresin düzeyine ve süresine ve stresten etkilenen doku veya organa bağlıdır. Kuraklığa ve tuzluluğa tolerans, bitki ıslahında en çok aranan özelliklerdir (Saito ve Matsuda, 2010). Biyotik stres ise fungus, bakteri, virüs, zararlı bitki ve hayvanların diğer canlılar üzerinde yarattığı olumsuz etkidir. Bazı biyotik streslerin mücadelesi kolay olsa da virüs kaynaklı biyotik stres faktörünün mücadelesi zordur ve erken teşhis edilmesinin mücadelede önemi çok büyüktür (Büyük vd., 2012).

Bitki stres toleransı çalışmalarında yapılan morfolojik analizleri bir üst seviyeye taşımaya imkân sağlayan fenotipleme teknolojileri oldukça önemlidir. Kullanılan görüntüleme sistemleri strese verilen tepkilerin sürecini incelemek, hastalık etmeninin tespit edilmesi, duyarlılık ve tolerans seviyesinin belirlenmesi,

semptomların şiddetinin belirlenmesi ve bitkinin yaşamsal faaliyetlerinin etkilenme düzeyinin belirlenmesi gibi oldukça önemli değerlendirmelerin yapılmasına olanak sağlamaktadır (Pineda vd., 2021).

2.1. Abiyotik Stres Toleransı Çalışmalarında Fenomiks

Fenomiks teknolojilerinin kullanıldığı birçok abiyotik stres tolerans çalışması literatürde yer almaktadır. Asaari vd. (2019) mısır bitkisinde yapmış oldukları çalışmada, hiperspektral görüntüleme tekniği ile mısır bitkisinin kuraklık stresine ve sulama sonrası stres ortadan kaldırıldıktan sonraki verdiği tepkinin analizi yapılmıştır. Çalışmada bitkilere farklı konsantrasyonda kuraklık stresi uygulanmıştır ve tüm vejetatif dönemde görüntüleme ve analizler yapılmıştır. Elde edilen görüntüler yazılım ile piksel boyutunda işlenmiş ve incelenmiştir (Şekil 6). Görüntüler incelendiğinde sağlıklı bitkiler ile strese maruz kalan bitkiler arasında bariz farklılıklar yazılımsal olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca yeniden sulanan bitkilerdeki olumlu gelişimler de elde edilen verilerle ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile fenomiks çalışmalarında kullanılan hiperspektral kamera sistemlerinin kullanışlı olduğu ve daha karmaşık stres çalışmalarında da uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur (Asaari vd., 2019).

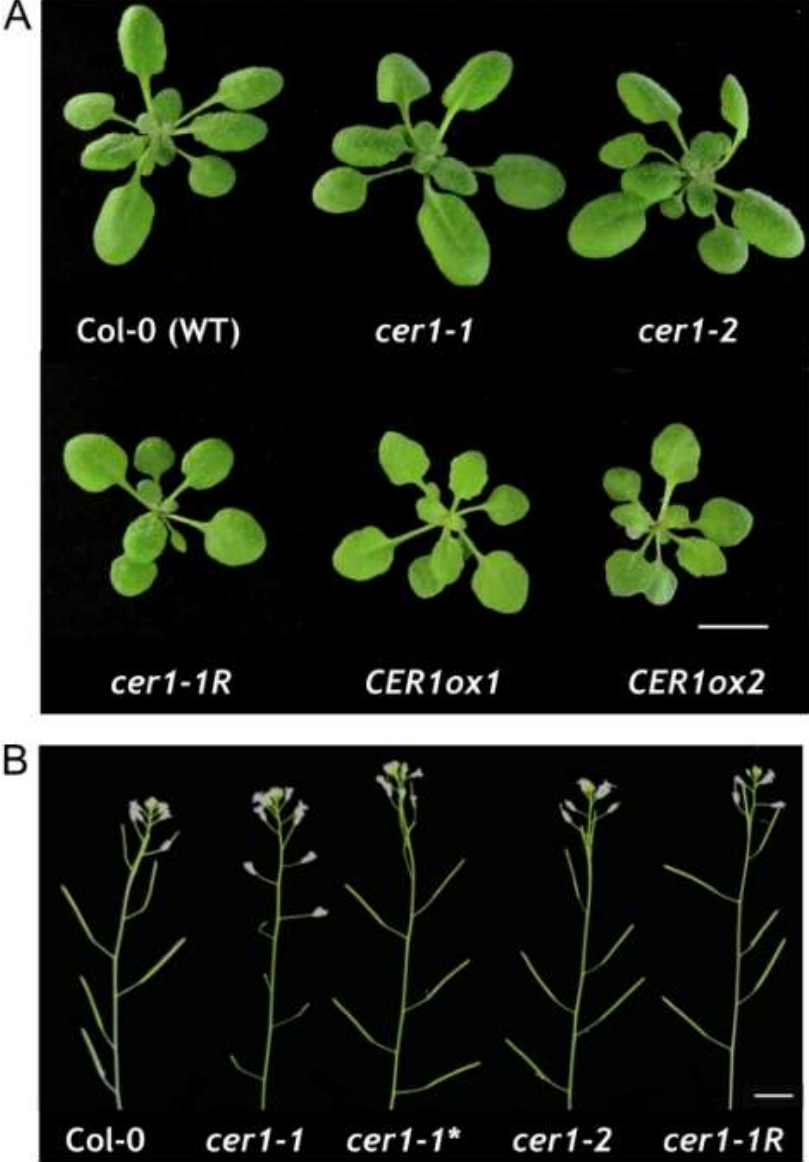


Şekil 6. Hiperspektral görüntünün NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) tekniği kullanılarak arka planının temizlenmesi (Asaari vd., 2019)

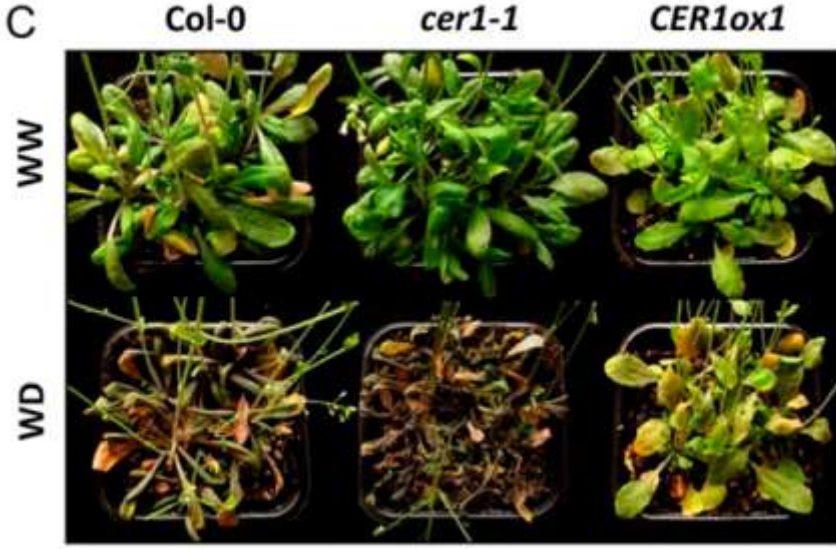
Marin de la Rosa vd. (2019) *Arabidopsis thaliana*, *A. lyrata* ve *Eutrema salsugineum* bitkilerinde WIWAMxy fenotipleme platformu kullanılarak kuraklık stresine tolerans seviyesini ve vermiş oldukları tepkileri incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre *A. thaliana* kuraklık stresine büyüme aşamasında *A. lyrata* daha geç *E. salsugineum* bitkisinden daha erken tepki verdiği gözlemlenmiştir. *E. salsugineum* daha geç tepki vermesinin sebebi ise kuraklık stresine hazır halde büyümesi olduğu görülmüştür. Prolin seviyesindeki yükseklik ve absisik asit (ABA) sinyal transkriplerinin hali hazırda ifade oluşu bunun en önemli sebeplerinden biri olduğu belirtilmiştir (Marin-de la Rosa vd., 2019).

Dubois vd. (2017) *A. thaliana* bitkisinin sadece ışıklı koşullarda kuraklığa maruz bırakarak büyüme parametrelerinde ve transkriptomundaki değişiklikleri incelenmiştir. WIWAM platformu kullanılarak yapılan bu çalışmada, tohumlar çimlenmeden gelişim aşamalarına kadar takip edilmiştir. Ardından gün ışığının olduğu anlarda kuraklığa maruz bırakılan bitkilerden ve kontrol grubundan gece ve gündüz örnek alınarak moleküler analizler yapılmıştır. Kuraklık uygulaması esnasında gelişimi devam eden bitkilerde DELLA proteinini ifade eden genlerin regüle olduğu görülmüştür. Bu genlerin büyüme engelleyici genleri baskılayan erken kuraklık tepkisine özgü olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu genlerin tespit edilmesinin bunun gibi birçok genin erken kuraklık tepkisinde rol alabiliyor olacağını ifade etmişlerdir. Bu çalışma fenomiks ile transkriptomiksin birleştirilerek yapılmasından dolayı oldukça önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan in vitro çalışmalar ile benzer sonuçlar olduğundan dolayı fenomiks çalışmalarının öneminin gün geçtikçe artacağını ortaya koymuştur (Dubois vd., 2017). Bourdenx vd. (2011), *A. thaliana* bitkisinin kütikül tabakasının mumsu yapısında bulunan alkan biyosentezinde rol alan bir enzimi kodladığı tahmin edilen *Eceriferum CER1* geninin karakterizasyonu çalışmasında morfolojik ölçümlerde PHENOPSIS platformunu kullanmışlardır (Şekil 7). Çalışmada kullanılan fenomiks platformu ile farklı miktarlarda sulama yapılarak kuraklık tolerans seviyesi ölçülmüştür (Şekil 8). *CER1* geni bitkinin toprak üstü kısmındaki epidermis tabakalarında ifade edilmektedir ve alkan oluşumunda diğer genlerle birlikte çalışmaktadır. Bu genin ifadesi ozmotik stres ve ABA miktarından etkilenmektedir. Ayrıca bu genin aşırı ifadesinin gerçekleştirildiği bu çalışmada *CER1* aşırı ifade edilen bitkilerde biyotik stres

faktörlerine hassasiyeti artırırken kuraklık toleransını artırdığı görülmüştür (Bourdenx vd., 2011).



Şekil 7: PHENOPSIS platformu ile görüntülenen yabani ve mutant *A. thaliana* bitkilerinin gelişimi (Bourdenx vd., 2011)



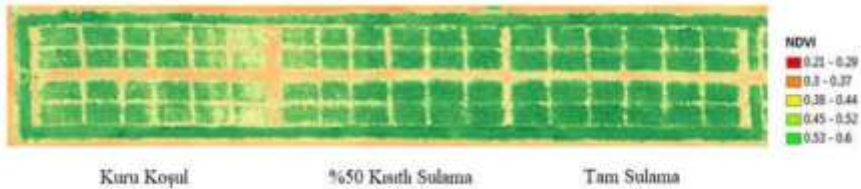
Şekil 8: PHENOPSIS platformu ile görüntülenen kuraklık uygulaması: İyi sulanmış (WW), Su noksanlığı uygulanan (WD), yabani tip (col-0), mutant hatlar (*er1-1* ve *cer1ox1*) (Bourdenx vd., 2011)

Adhikari vd. (2019), marul bitkisinde tuzluluk stresinin fenomik ve fizyolojik analizi başlıklı çalışmalarında bir başka fenomiks platformu olan PlantScreen Robotic XYZ'yi kullanmışlardır. Bu çalışmada tuzluluğa duyarlı olan yaygın olarak üretilen ticari marul çeşitleri kullanılmıştır. Marul çeşitlerine farklı dozlarda NaCl ve CaCl₂ tuzları kademeli olarak artırılarak verilmiştir. Yapılan ölçümlerde Klorofil alfa florans ölçümü fenomiks platformu ile gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak klorofil miktarı, stoma açıklığı, fotosentetik CO₂ miktarı ve bağıl su içeriği parametreleri incelenmiştir. Yüksek tuzluluktan daha az etkilenen ve tolere eden hatlar, klorofil florasan parametreleri Fv/Fm ve anlık fotosistem II kuantum verimliliği (QY) değerleri yüksek olan ve daha düşük yaprak transpirasyonuna sahip olan olduğu görülmüştür. Bu nedenle, tuzluluk koşullarına daha yüksek toleranslı ve verimde minimum kayıplı hatların gelecekteki seçimi için bu özellikler potansiyel olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir. Spesifik değişkenler, potansiyel olarak tuzluluğa daha yüksek toleransa sahip hatları belirlemek için ve popülasyonları hızlı bir şekilde tarayabilmek için gelecekteki fenomiks çalışmalarında da kullanılabilirliği

bildirilmiştir. Örneğin, daha yüksek Fv/Fm ve QY ile birleştirilmiş daha yüksek toplam yaprak alanı, invazif analizlere geçmeden önce toleranslı hatları seçmek için ilk kriter olarak kullanılabilir. (Adhikari vd., 2019).

Pappula-Reddy vd. (2024) nohutta yaptığı çalışmayı LemnaTec platformunu kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada erken meyve bağlama aşamasında kuraklık stresine maruz bırakılan nohutlardaki değişimler takip edilmiştir. Görüntüleme aşamasında RGB, NIR, termal görüntüleme ve klorofil floresans gibi farklı görüntüleme teknikleri kullanılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen fenotipik veriler ile stoma iletkenliği, klorofil floresansı ve fotosentez arasında pozitif korelasyon görülmüştür. Bu çalışma özellikle el ile yapılan ölçümlerin görüntüleme platformları ile yapılan ölçümler arasında olabilecek sapmalar konusundaki endişelerin azalması konusunda oldukça önemlidir.

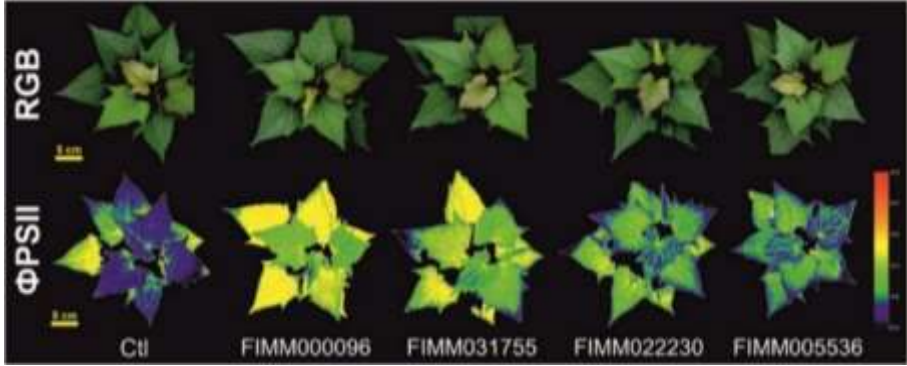
Hafizoğlu (2020) yüksek lisans tez çalışmasında bazı mısır genotiplerinin kuraklık stresine gösterdiği fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin analizlerinin yanı sıra drone teknolojisiyle birlikte fenotipik değişimlerin analizini de gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışma kuru koşullarda, %50 kısıtlı sulama ve tam sulama koşullarında gerçekleştirilmiştir. Görüntüler mısırların tepe püskülü çıkarma aşamasında alınmıştır. Drone üzerine bağlanan multispektral kamera ile elde edilen görüntülerden NDVI haritası oluşturularak fizyolojik ve biyokimyasal veriler ile ilişkilendirilmiştir. Fenotipleme ile elde edilen verilerin fizyolojik ve biyokimyasal veriler ile örtüştüğünü ortaya koymuştur. Tam sulama koşullarından kuru koşullara doğru kademeli bir şekilde bitki gelişiminde düşüş olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 9). Araştırmacı bitki ıslah programlarında genotiplerin fizyolojik ve biyokimyasal analizlerine ek olarak hızlı ve yüksek verimlilikteki görüntüleme sistemleri ile analiz edilmesinin süreci oldukça hızlandıracağını belirtmiştir.



Şekil 9. Deneme parsellerinin NDVI haritası (Hafizoğlu, 2020)

2.2. Biyotik stres toleransı çalışmalarında fenomiks

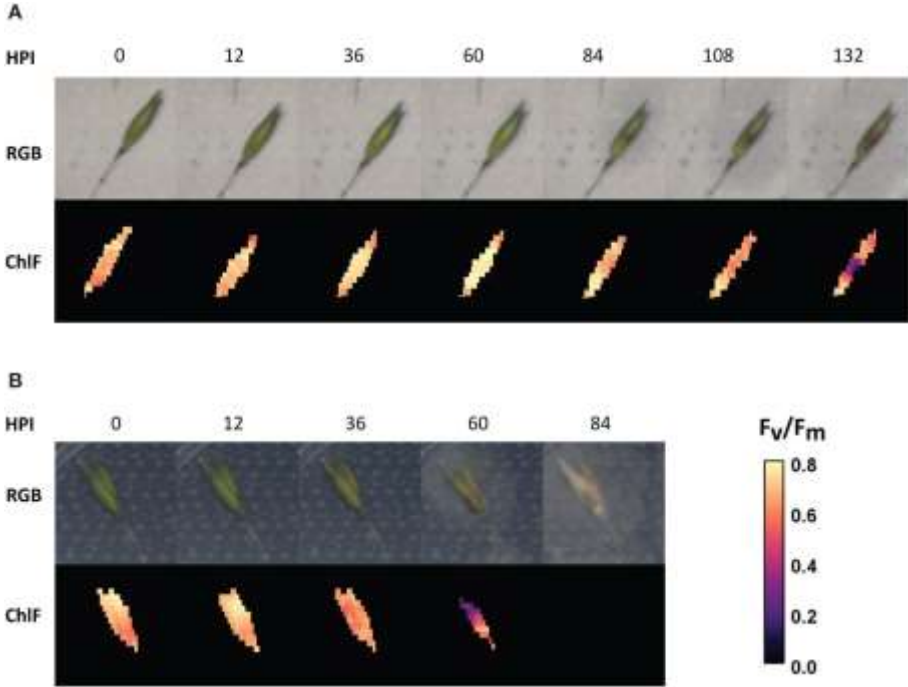
Biyotik stres toleransı çalışmalarında özellikle hastalık semptomlarının önceden tespiti, virülans ve fizyolojik tepkilerin incelenmesinde oldukça kolaylık sağlamaktadır. Biyotik stres toleransı alanında yapılan çalışmalar incelenecek olursa Wang vd. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada %90 verim kaybına neden olan tatlı patates tüylü benek virüsü ve tatlı patates klorotik bodurluk virüsü için geliştirdikleri yüksek verimli inhibitörlerin hem *in vivo* hem de *in vitro* olarak tanımlaması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu uygulamasına karar verilen dört inhibitör farklı koşullarda bitkilere uygulanarak analizler yapılmıştır. Yapılan çalışmada her iki virüs ile enfekte edilmiş bitkilerin sulama suyuna eklenen inhibitörler bir ay boyunca bitkilere verilmiştir. Bu süreçte RGB ve floresan kameralar ile tepeden görüntülemeler yapılmıştır (Şekil 10). Çalışmanın 41. gününde alınan görüntüler incelenerek fenotipik farklılıklar ve fotosentetik aktivite farkı incelenmiştir. Fotosistem II değerlerini piksel bazında psödo renkli görüntüler ile 0,3 ila 0,8 arasında değişen, koyu maviden kırmızıya bir ısı haritası renk ölçeği kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en iyi sonucun elde edildiği inhibitör FIMM000096 olurken en düşük etkiye sahip olan inhibitör ise FIMM005536 olmuştur.



Şekil 10. Enfekte edilmiş bitkilerin inhibitör uygulamasının 41. gününde alınan RGB ve floresan kamera görüntüleri (Wang vd., 2021)

Pavicic vd. (2023) *Fusarium* başak yanıklığı patojenlerinin yulaf başaklarındaki hastalık etmeninin ilerlemesinin görüntü tabanlı zaman serisi ile

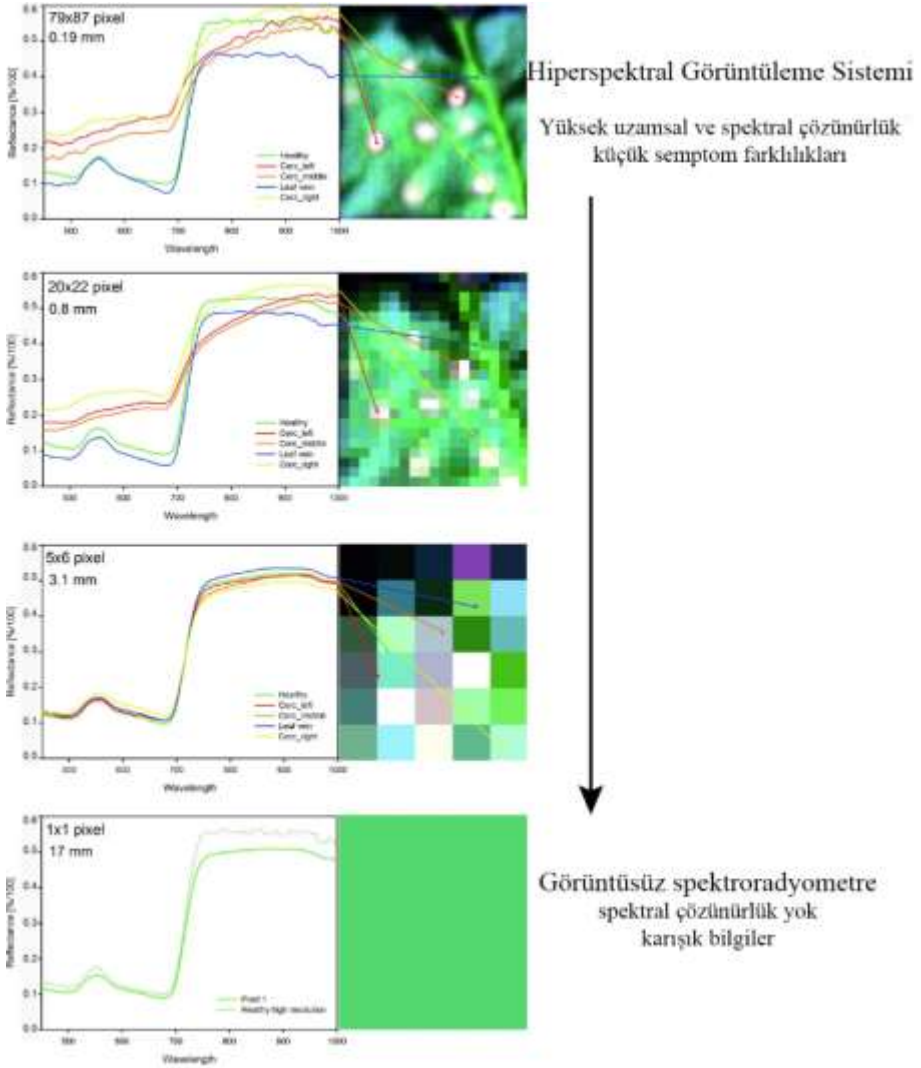
incelenmesi yapılmıştır. Fenotipleme teknolojisi ıslah sürecinin daha efektif ve hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamasından dolayı anahtar role sahiptir. Bu çalışmada birçok yulaftan alınan başaklara *F. culmorum* veya *F. langsethiae* ile muamele edilerek belirli aralıklar ile RGB görüntüler alınarak zaman serisi fotoğrafları oluşturulmuştur (Şekil 11). Elde edilen sonuçlara göre arazi denemelerinin yanı sıra başak kısmı alınan yulaflar üzerinden virülans denemesinin görüntü tabanlı incelemesi ile sürecin daha da hızlandırılabilirdiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan genotiplerden iki tanesi fenotipik olarak dayanıklı olduğu ortaya koyulmuştur. Bu çalışmaların fenotip-genotip ilişkilendirilmeleri ile daha da verimli hale geleceği vurgulanmıştır.



Şekil 11. Enfekte edilmiş yulaf başaklarının RGB ve klorofil floresans zaman serisi görüntüleri: (A) *F. langsethiae* ile enfekte edilmiş yulaf başakları, (B) *F. culmorum* ile enfekte edilmiş yulaf başakları (Pavicic vd., 2023)

Mahlein vd. (2012) Cercospora yaprak lekesi, külleme ve yaprak pası ile enfekte olmuş şeker pancarı yapraklarının farklı gelişim aşamalarındaki

hiperspektral kamera görüntülerinden yaprak karakteristik özellikleri ve spektral yansımaları incelenmiştir. Patojen kolonizasyonuna bağlı olarak konak dokudaki morfolojik değişiklikleri tanımlamak için ışık mikroskopisi kullanılmıştır. Kontrollü koşullar altında, patogenez sırasında hastalık semptomlarının sürekli taranması ve izlenmesi için 400 ila 1000 nm arasında 2,8 nm spektral çözünürlüğe ve 0,19 mm uzamsal çözünürlüğe sahip bir hiperspektral görüntüleme çizgi tarama spektrometresi (ImSpector V10E) kullanılmıştır (Şekil 12). Görünür ve yakın kızılötesi aralıktaki spektral yansımaların piksel bazında haritalanması, hastalıklı dokunun yaprak düzeyinde tespit edilmesini ve ayrıntılı olarak tanımlanmasını sağlamıştır. Yaprak yapısı, yaprak spektral yansıma modelleriyle ilişkilendirilmiştir. Konak doku ile etkileşime bağlı olarak, patojenler hastalığa özgü spektral belirteçlere neden olmuştur. Saf spektral belirteçlerin piksel bazında çıkarılması sayesinde, hiperspektral görüntüleme kullanılarak bitki hastalıklarının neden olduğu yaprak yansımadaki değişikliklerin daha iyi anlaşılması sağlanmıştır. Araştırmacılar bu teknolojinin bitki hastalıklarının proksimal algılanmasında hiperspektrometrinin hassasiyetini ve özgüllüğünü önemli ölçüde artırdığını, daha hassas ve detaylı sonuçlar elde edilmesini sağlayan hiperspektral görüntüleme sistemi ve spektrometre görüntülerine bakıldığında uzamsal çözünürlük azaldıkça karışık bilgi içeren piksellerin miktarı artmış ve yansıma farklılıklarının azaldığını belirlemişlerdir. Bu çalışma şeker pancarı bitkisinde hiperspektral kamera kullanılarak hastalık tespiti ve hastalığın zaman içerisindeki değişimini inceleyen bir ilk niteliğindedir.

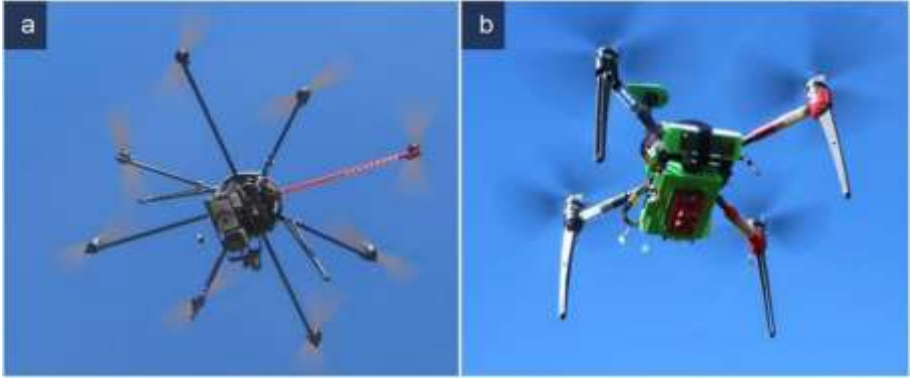


Şekil 12: Hiperspektral görüntüleme sistemi ve görüntüsüz spektoradyometre verilerinin kıyaslanması (Mahlein vd. 2012)

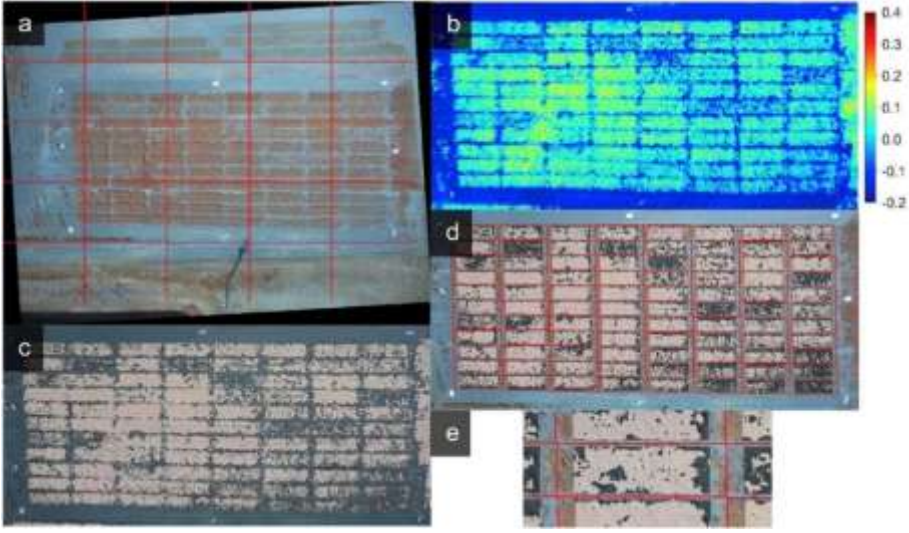
Zhang vd. (2019) nohutta antraktoz şiddetinin uzaktan algılama teknikleri kullanılarak izlenmesinin fizibilitesini yapmıştır. Hastalık şiddeti, farklı tipte sensörlerle (3-bant multispektral, 5-bant multispektral ve termal kameralar) entegre edilmiş bir insansız hava aracı sistemi kullanılarak izlenmiştir (Şekil 13). Araştırmacılar farklı görüntü çözünürlüklerine yol açan farklı uçuş

yüksekliklerinin (yer seviyesinden 60 m ve 90 m yükseklik) özellikle 3 bantlı kamera ile hastalık tespit verimliliğini etkilemediğini göstermiştir. Kanopi alanı, kanopi alanı yüzdesi ve multispektral kameralardan bitki örtüsü indeksleri ve termal kameradan ortalama kanopi sıcaklığı dahil olmak üzere seçilen görüntü özellikleri, verim ve hastalık şiddetinin görsel derecelendirmeleri ile önemli ölçüde ilişkili olduğu gözlemlenmiştir.

Hiperspektral algılamanın hastalık şiddetini tahmin etmede yararlı olduğu bulunmuştur. İnsansız hava aracı kullanılarak alınan görüntülerin işleme süreci sırasıyla: (a) 3 bantlı multispektral kameradan döndürülmüş sahte renkli görüntü elde edilmesi (görüntünün düzgün döndürülüp döndürülmediğini değerlendirmek için yatay ve dikey çizgiler kullanılmıştır), (b) psödo renkli görüntüye dönüştürülmesi, (c) nohut kanopisini ayırmak için kullanılan maskeleyme işlemi, (d) özel olarak geliştirilen algoritma kullanılarak otomatik olarak ayrılmış tek tek parseller ve (e) kanopi beyaz ve toprak gri olarak işaretlenmiş bir parsel içindeki ilgi bölgesini gösteren yakınlaştırılmış görüntülerin elde edilmesidir (Şekil 14).

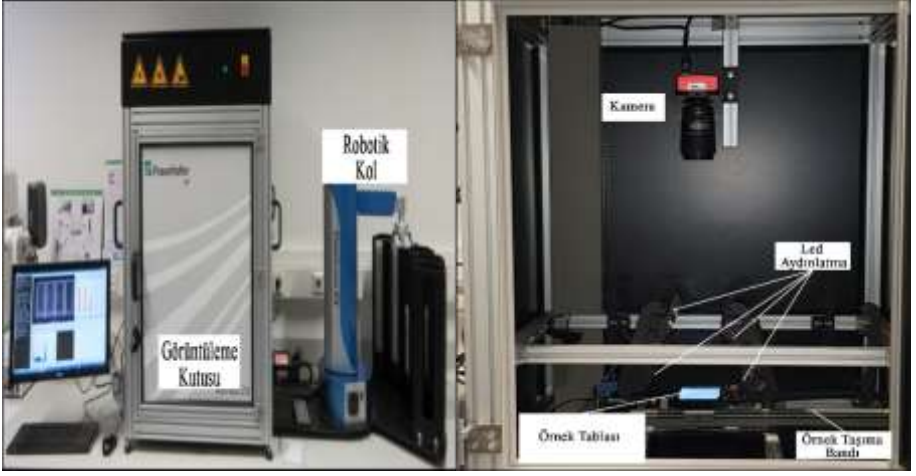


Şekil 13: Fenotiplemede kullanılan insansız hava araçları: (a) 3 bant multispektral ve termal kamera bulunan oktokopter, (b) 5 bant multispektral kamera bulunan quadkopter (Zhang vd., 2019)

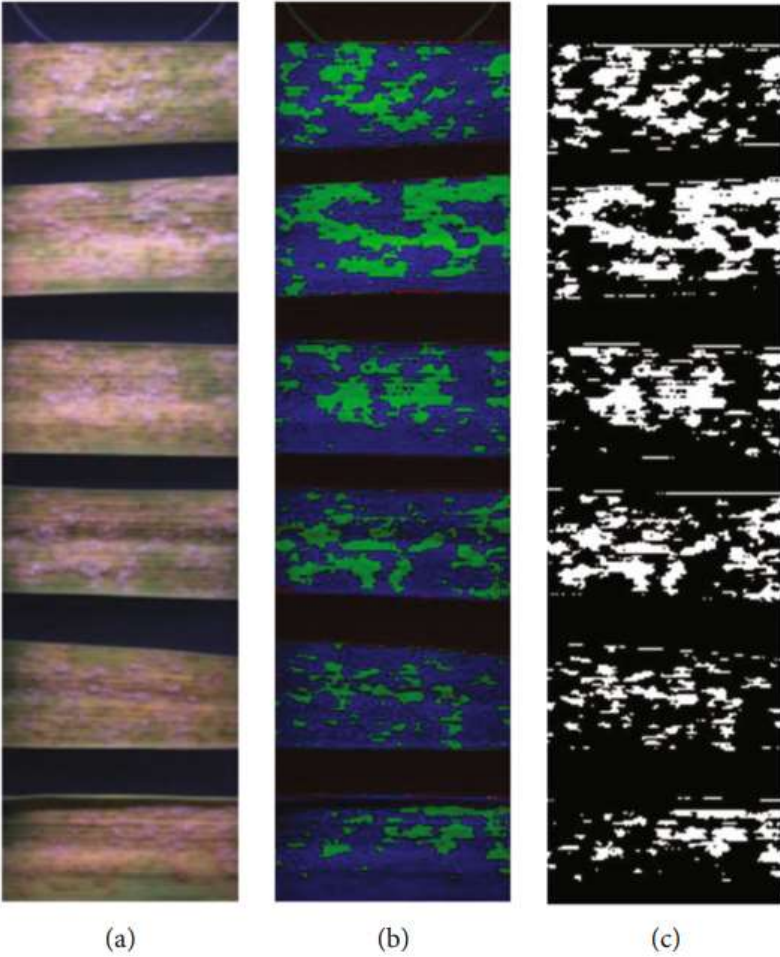


Şekil 14: 3 bant multispektral kameradan alınan görüntüler için görüntü işleme prosedürü ve elde edilen görüntüler (Zhang vd. 2019)

Lück vd. (2020) “Makrobot” olarak isimlendirdikleri kendilerinin geliştirdikleri fenotipleme platformunu kullanarak buğday ve arpa bitkilerinde külleme hastalığının tespitini gerçekleştirmişlerdir (Şekil 15). Buğday ve arpadaki külleme enfeksiyonu semptomlarının ölçümü için optimize edilmiş olan makrobot diğer hastalıklara ve konakçı bitkilere de uyarlanabilir olduğu belirtilmiştir. Makrofenomiksin çalışma stratejisi tipik olarak inokulasyondan 5-7 gün sonra gözle görülür külleme hastalığı semptomlarını son derece otomatik bir şekilde puanlamaktan oluşmaktadır (Şekil 16). Sistemin enfekte yaprak alanının yüzdesini günde 10000 numuneye kadar teorik bir verimle hassas ve tekrarlanabilir bir şekilde ölçülebilir olduğu ifade edilmektedir. Bu durum, geliştirilen makrobotun büyük germplasm koleksiyonlarının ve çaprazlama popülasyonlarının fenotiplendirilmesi için uygun olduğunu göstermektedir. Oluşturdukları fenotipleme sistemi entegre ettikleri robotik kol sayesinde örneği otomatik olarak yerleştirmektedir. Örneklerin analizi ve yorumlanması için NumPy yazılımı ve Phyton yazılım dili kullanılarak geliştirdikleri yazılım kullanılmıştır.



Şekil 15: Makrobot 2.0 fenotipleme platformunun genel görünümü (Lück vd. 2020)



Şekil 16: Enfekte olmuş arpa bitkisinin yaprakları: (a) RGB kompozit görüntü, (b) minRGB filtre sonuçları, (c) eşik oluşturma sonrası elde edilen nihai sonuç (Lück vd. 2020)

Polder vd. (2019) yılında patatesten yaptıkları çalışmada hiperspektral görüntüleme sistemi kullanarak patates y virüsünün arazi koşullarında tespitini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada laboratuvar koşullarında daha önce çalışılan hiperspektral görüntüleme sistemi ile hastalıklı bitkilerin tespitinin tarla koşullarında uygulanması ilk defa gerçekleştirilmiştir. Hiperspektral hat tarama kamerasından oluşan yeni bir görüntüleme kabini oluşturulup traktöre bağlanarak hatlar taranmıştır (Şekil 17).



Şekil 17: Hiperspektral görüntüleme sisteminin tarla koşullarında kullanılması için tasarlanan kabinin görünümü (Polder vd., 2019)

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda teknolojinin hızlı gelişimine paralel olarak bitki fenotipleme çalışmaları fenomiks adı altında daha kapsamlı ve daha teknolojik sistemler kullanılarak bitki ıslahına büyük bir katkı sağlamaktadır. Geliştirilen kamera, sensör, otomasyonlar ve yazılımlar sayesinde farklı bitki türlerinde farklı amaçlara özgü olarak tasarlanan fenomiks platformları yapılan bitki stres fizyolojisi çalışmalarına değer katmaktadır. Yapılan çalışmalar, kullanılan fenomiks platformlarının farklı bitki çalışmalarına entegrasyonu üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmaların optimizasyonu sonucunda elde edilen prosedürler bitkilerin stres tolerans seviyesinin daha iyi anlaşılabilmesine olanak sağlayacaktır. Her ne kadar iklimsel sorunlar gün geçtikçe artsa da insanoğlu bu sorunları aşabilmek için teknolojinin imkanlarından sonuna kadar yararlanmaya devam edecektir. Geleceği kurtarmak bugünün teknolojisine hâkim olmayı gerektirmektedir.

KAYNAKÇA

- Adhikari, N. D., Simko, I. ve Mou, B. (2019). Phenomic and physiological analysis of salinity effects on lettuce. *Sensors*, 19(21), 4814.
- Alexandersson, E., Alexandersson, E., Keinänen, M., Chawade, A. ve Himanen, K. (2018). Nordic research infrastructures for plant phenotyping. *Agricultural and Food Science*, 27(1), 7-16.
- Arya, S., Sandhu, K. S., Singh, J. ve Kumar, S. (2022). Deep learning: As the new frontier in high-throughput plant phenotyping. *Euphytica*, 218(4), 47.
- Asaari, M. S. M., Mertens, S., Dhondt, S., Inzé, D., Wuyts, N. ve Scheunders, P. (2019). Analysis of hyperspectral images for detection of drought stress and recovery in maize plants in a high-throughput phenotyping platform. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 749-758.
- Bourdenx, B., Bernard, A., Domergue, F., Pascal, S., Léger, A., Roby, D., Pervent, M., Vile, D., Haslam, R. P., Napier, J. A., Lessire, R. ve Joubès, J. (2011). Overexpression of *Arabidopsis eceriferum1* promotes wax very-long-chain alkane biosynthesis and influences plant response to biotic and abiotic stresses. *Plant Physiology*, 156(1), 29-45.
- Büyük, I., Soydam-Aydin, S. ve Aras, S. (2012). Molecular responses of plants to stress conditions. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2), 97-110.
- Dubois, M., Claeys, H., Van den Broeck, L. ve Inzé, D. (2017). Time of day determines *Arabidopsis* transcriptome and growth dynamics under mild drought. *Plant Cell and Environment*, 40(2), 180-189.
- Fahlgren, N., Gehan, M. A. ve Baxter, I. (2015). Lights, camera, action: High-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. *Current Opinion in Plant Biology* 24, 93-99.
- Fehér-Juhász, E., Majer, P., Sass, L., Lantos, C., Csiszár, J., Turóczy, Z., Mihály, R., Mai, A., Horváth, G. V., Vass, I., Dudits, D. ve Pauk, J. (2014). Phenotyping shows improved physiological traits and seed yield of transgenic wheat plants expressing the alfalfa aldose reductase under permanent drought stress. *Acta Physiol Plant.*, 36(3), 663-673.
- Fiorani, F. ve Schurr, U. (2013). Future scenarios for plant phenotyping. *Annual Review of Plant Biology*. 64, 267-291.
- Großkinsky, D. K., Svensgaard, J., Christensen, S. ve Roitsch, T. (2015). Plant phenomics and the need for physiological phenotyping across scales to narrow the genotype-to-phenotype knowledge gap. *Journal of Experimental Botany*, 66(18), 5429-5440.
- Hafizoğlu, C. (2020). Kuraklığın bazı mısır genotiplerinde meydana getirdiği fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerin drone teknolojisi ile

- belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Yüksek Öğretim Kurumu Başkanlığı Tez Merkezi. (615172)
- Hartmann, A., Czauderna, T., Hoffmann, R., Stein, N. ve Schreiber, F. (2011). HTPheno: An image analysis pipeline for high-throughput plant phenotyping. *BMC Bioinformatics*, 12(1), 1-9.
- Houle, D., Govindaraju, D. R. ve Omholt, S. (2010). Phenomics: The next challenge. *Nature Reviews Genetics* 11(12), 855-866.
- Kim, J. Y., Abdel-Haleem, H., Luo, Z. ve Szczepanek, A. (2023). Open-source electronics for plant phenotyping and irrigation in controlled environment. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100093.
- Knox, J., Hess, T., Daccache, A. ve Wheeler, T. (2012). Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia. *Environmental Research Letters*, 7(3), 034032.
- Kumar, J., Kumar, S. ve Pratap, A. (2015). Plant phenomics: An overview. *Phenomics in Crop Plants: Trends, Options and Limitations*. 1(10).
- Lee, U., Chang, S., Putra, G. A., Kim, H. ve Kim, D. H. (2018). An automated, high-throughput plant phenotyping system using machine learning-based plant segmentation and image analysis. *PLoS ONE*, 13(4), e0196615.
- Li, D., Quan, C., Song, Z., Li, X., Yu, G., Li, C. ve Muhammad, A. (2021). High-throughput plant phenotyping platform (ht3p) as a novel tool for estimating agronomic traits from the lab to the field. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 8, 623705.
- Li, L., Zhang, Q. ve Huang, D. (2014). A review of imaging techniques for plant phenotyping. *Sensors*. 14(11), 20078-20111.
- Li, Z., Guo, R., Li, M., Chen, Y. ve Li, G. (2020). A review of computer vision technologies for plant phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*. 176, 105672
- Lobos, G. A., Camargo, A. V., Del Pozo, A., Araus, J. L., Ortiz, R. ve Doonan, J. H. (2017). Plant phenotyping and phenomics for plant breeding. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2181.
- Lück, S., Strickert, M., Lorbeer, M., Melchert, F., Backhaus, A., Kiliyas, D., Seiffert, U. ve Douchkov, D. (2020). "Macrobot": An automated segmentation-based system for powdery mildew disease quantification. *Plant Phenomics*, 1(13)
- Mahlein, A.-K., Steiner, U., Hillnhütter, C., Dehne, H.-W. ve Oerke, E. C. (2012). Hyperspectral imaging for small-scale analysis of symptoms caused by different sugar beet diseases. *Plant methods*, 8, 1-13.
- Marín-de la Rosa, N., Lin, C. W., Kang, Y. J., Dhondt, S., Gonzalez, N., Inzé, D. ve Falter-Braun, P. (2019). Drought resistance is mediated by divergent strategies in closely related *Brassicaceae*. *New Phytologist*, 223(2), 783-797.

- Minervini, M., Scharr, H. ve Tsaftaris, S. A. (2015). Image analysis: The new bottleneck in plant phenotyping [applications corner]. *IEEE Signal Processing Magazine*, 32(4), 126-131.
- Pandey, P., Irulappan, V., Bagavathiannan, M. V. ve Senthil-Kumar, M. (2017). Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Frontiers in Plant Science*. 8,357.
- Pappula-Reddy, S. P., Kumar, S., Pang, J., Chellapilla, B., Pal, M., Millar, A. H., ve Siddique, K. H. (2024). High-throughput phenotyping for terminal drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Stress*, 100386.
- Pavicic, M., Mouhu, K., Hautsalo, J., Jacobson, D., Jalli, M. ve Himanen, K. (2023). Image-based time series analysis to establish differential disease progression for two *Fusarium* head blight pathogens in oat spikelets with variable resistance. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1126717.
- Pineda, M., Barón, M. ve Pérez-Bueno, M. L. (2021). Thermal imaging for plant stress detection and phenotyping. *Remote Sensing*, 13(1), 68.
- Polder, G., Blok, P. M., de Villiers, H. A. C., van der Wolf, J. M. ve Kamp, J. (2019). Potato virus Y detection in seed potatoes using deep learning on hyperspectral images. *Frontiers in Plant Science*, 10, 209.
- Saito, K. ve Matsuda, F. (2010). Metabolomics for functional genomics, systems biology, and biotechnology. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 463-489.
- Shamshiri, R., Ishak, W. ve Ismail, W. (2013). A Review of Greenhouse Climate Control and Automation Systems in Tropical Regions. *J. Agric. Sci. Appl*, 2(3), 176-183
- Singh, B., Bohra, A., Mishra, S., Joshi, R. ve Pandey, S. (2015). Embracing new-generation 'omics' tools to improve drought tolerance in cereal and food-legume crops. *Biologia Plantarum*, 59(3), 413-428.
- Tanabata, T., Kodama, K., Hashiguchi, T., Inomata, D., Tanaka, H. ve Isobe, S. (2022). Development of a plant conveyance system using an AGV and a self-designed plant-handling device: A case study of DIY plant phenotyping. *Breeding Science*, 72(1), 85-95.
- Tardieu, F., Cabrera-Bosquet, L., Pridmore, T. ve Bennett, M. (2017). Plant Phenomics, From Sensors to Knowledge. *Current Biology*, 27(15), R770-R783.
- Wang, L., Poque, S., Laamanen, K., Saarela, J., Poso, A., Laitinen, T. ve Valkonen, J. P. T. (2021). *In vitro* identification and *in vivo* confirmation of inhibitors for sweet potato chlorotic stunt virus rna silencing suppressor, a viral RNase III. *Journal of Virology*, 95(12), 10-1128.
- Zamir, D. (2013). Where have all the crop phenotypes gone? *PLoS Biology*, 11(6), e1001595.

Zhang, C., Chen, W. ve Sankaran, S. (2019). High-throughput field phenotyping of *Ascochyta* blight disease severity in chickpea. *Crop Protection*, 125, 104885.

BÖLÜM 7

ESANSİYEL YAĞLARIN NEMATOD MÜCADELESİNDE ETKİNLİĞİ

Dr. | Lerzan ÖZTÜRK¹

Dr. Öğr. Üyesi | Bahadır ŞİN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285958>

¹Namık Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Tekirdağ, Türkiye; <https://orcid.org/0000-0003-2199-6807>

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 54050, Sakarya, Türkiye; <https://orcid.org/0000-0002-0109-3662>

GİRİŞ

Tarımsal üretimde verimi etkileyici faktörler arasında bitki koruma etmenleri önemli rol oynamaktadır (Özer vd., 2001). Bitki koruma etmenleri arasında hastalık, zararlı ve yabancı otlar önemli yer tutmaktadır. Bu etmenlerle mücadelede kısa sürede sonuç vermesi nedeniyle genellikle pestisitlerle kimyasal mücadele kullanılmaktadır. Dünyada kimyasal mücadele amacıyla kullanılan pestisitlerden; herbisitler %53,3, fungusitler ve bakterisitler %23,2 insektisitler %16,7'lik bir paya sahipken Türkiye'de ise fungusitler %38,4, herbisitler %27,4, insektisitler ise %23'lük bir paya sahiptir (Özercan ve Taşçı 2022). Pestisitlerin bilinçsiz ve kontrolsüz uygulanması bitki, hayvan ve insanlarda toksisiteye sebep olmakta, gıdalar dahil birçok ortamda kalıntı olarak kalmaktadır (Akdoğan vd., 2012). Hedef dışı organizmalar ve insanlar üzerindeki pestisitlerin toksik etkilerine ilişkin yayınlanmış çok sayıda çalışmaya dayanarak, bu pestisitlerin bir kısmı gelişmiş ülkelerde yasaklanmıştır. Yasaklanan pestisitler arasında bazı organofosforlar, karbamat grubu insektisitler, sentetik piretrinler ve neonikotinoid insektisitler yer almaktadır. Yeryüzünde 164 ülkede insektisitler (insektisit+nematisit), fungusitler ve herbisitlerden 460 pestisit kullanımını yasaklanmıştır. Yasak kararı hedef dışı organizmalar için yüksek toksisitesi insanlarda çeşitli kanser türlerine neden olan kanserojen etkileri gibi nedenlerin yanı sıra çevresel unsurlar üzerinde tehlikeli etkileri göz önünde bulundurulmaktadır (Bayoumi, 2022). Bunun yanı sıra hastalık ve zararlılarda pestisitlere karşı dayanıklılık gelişmekte, pestisit uygulamaları ile bu etmenlere etkili doğal düşmanlar da zarar görmektedir. Tüm bu olumsuz etkiler göz önünde bulundurulduğunda kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu mücadele yöntemleri günden güne önem kazanmaktadır. Özellikle birçok ülke bitki korumada çevreye zararlı kimyasallar yerine alternatif mücadele yöntemlerinin kullanımını teşvik etmektedir. Çevre dostu alternatif yönetim yöntemleri arasında patojen ve haşere içermeyen çoğaltma materyalinin kullanılması, ürün rotasyonu, toprağın ısıtılması, toprak işleme, solarizasyon, dirençli mahsullerin ve örtü bitkilerinin ekimi ve antagonist veya parazit bakteri ve mantarlar gibi doğal düşmanların kullanılması yer almaktadır.

Nematodlar, farklı beslenme alışkanlıklarına sahip yaklaşık 500.000 türü içerdiği bildirilen Nematoda filumunda yer alan mikroskopik organizmalardır. Bazı nematodlar bitkilerin kök gibi belirli kısımlarından beslenerek zarar verebilirken, serbest yaşam olarak adlandırılan diğerleri ise mantar ve bakteri gibi diğer organizmalarla beslenmektedir. Bitki paraziti nematodlar dünya çapında 157 milyon dolarlık ürün kaybına neden olabilmektedir (Hassan vd., 2021). Meyve ağaçlarında bakteriyel patojenler, nematodlarla beslenen yaralardan köklere girerek bitki hastalığını başlatabilmektedir (Bergeson, 1972). Virüs vektörü nematod türleri ise, beslenmeden sonraki 15 dakika içinde virüsü alıp, sağlıklı bitkilere bulaştırabilmekte ve virülansını kaybetmeden topraktaki canlılığını yıllarca koruyabilmektedir (Brown vd., 1995). Serbest yaşayan nematodlar topraktaki organik maddenin ayrıştırılmasında ve besin maddelerinin geri dönüştürülmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Bakteriyel ve fungal nematodlar doğrudan toprağın organik maddesiyle beslenmektedir. Bunun yerine bakteri ve mantarlarla beslenirler, organik maddeyi parçalarlar ve açığa çıkan mineralleri ve diğer besin maddelerini bitki köklerinin kullanabileceği toprağa geri dönüştürmektedir.

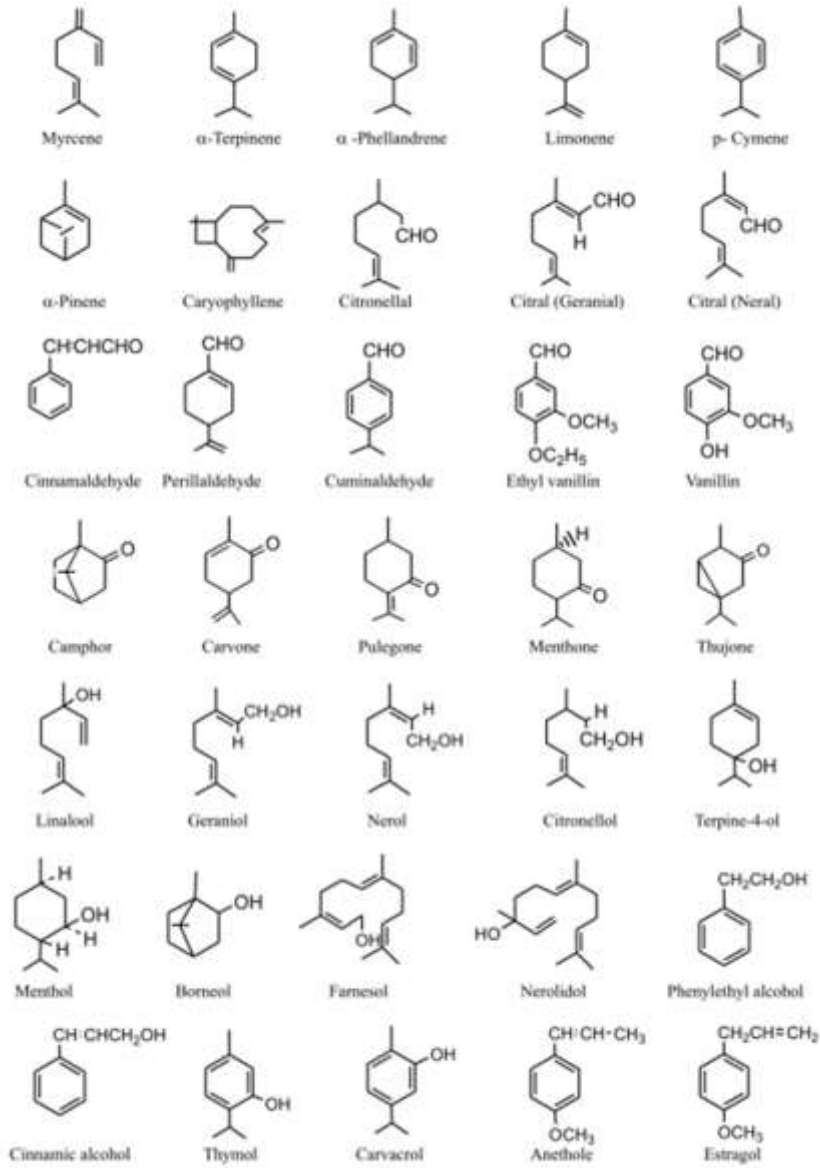
Nematodlar, kontrolün zor olduğu toprağın derinliklerinde bile yüksek sayılarda bulunabildiklerinden kontrol edilmesi en zor zararlılardan biridir. Nematosisler ile kimyasal mücadelede diğer pestisitler gibi etken maddeler birçok ülkede yasaklanmıştır ve günümüzde sadece birkaç kayıtlı nematosis bulunmaktadır. Bu nedendir ki çevre dostu etkili yöntemler geliştirilmeye çalışılmakta, özellikle allelopatik aktiviteye sahip bileşenleri salgılayan veya içeren bitki kalıntıları, ekstraktlar vb. ekonomik uygulanabilirlikleri nedeniyle de son dönemlerde kullanımları ile ilgili uygulamalar artış göstermektedir. Bitkilerden elde edilen uçucu (esansiyel) yağlar da bunlardan biridir. Günümüze kadar 3.000'den fazla bitkiden geliştirilen esansiyel yağların etkinlikleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Naeem vd., 2018).

1. ESANSİYEL YAĞLAR

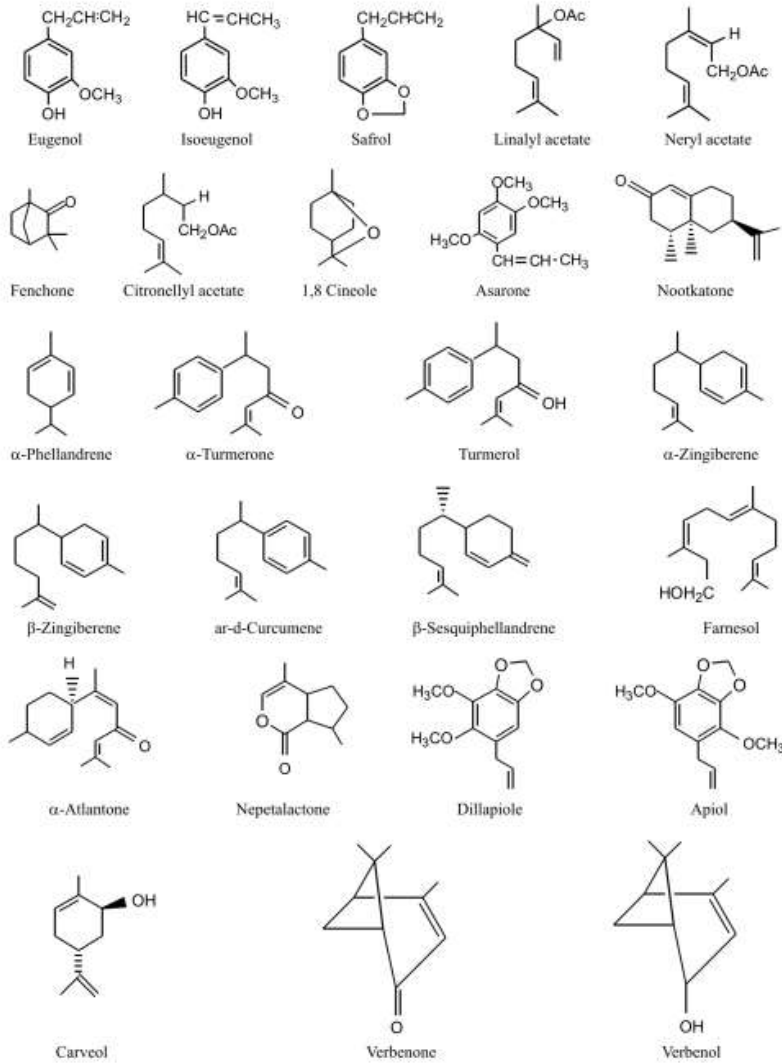
Esansiyel yağlar, kaynaklarının doğal kokusunu ve lezzetini korumaktadır. Bunlar distilasyon, ekstraksiyon (anforanj), mekanik presleme ve çözücü kullanılarak ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilmektedir (Şengezer ve Güngör, 2008). Bitki türleri arasında sadece %10'u (Dünya

genelinde 17.000'den fazla bitki) esansiyel yağ içermektedir (Svoboda ve Greenaway, 2003). Lamiaceae, en önemli esansiyel üreten bitki ailesidir ve Akdeniz ve ılıman bölgelerin baskın olduğu, dünyanın her yerine dağılmış 236 cinse ait yaklaşık 6900-7200 tür içermektedir (Kesraoui vd., 2022). Esansiyel yağ bakımından zengin diğer familyalar ise Lauraceae, Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae ve Piperaceae'dir (Brunetton, 1999). Esansiyel yağ üreten bitki familyalarının tamamı terpenoidler açısından zengindir, fenilpropanoidler ise Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Piperaceae ve Rutaceae gibi belirli bitki familyalarında daha yaygın olarak bulunmaktadır. Günümüzde, yaklaşık 3.000 aromatik bitkiden esansiyel yağlar üretilebilmekte ve bunların 300'ü tıbbi ve endüstriyel değerleri nedeniyle ticari olarak önem kazanmaktadır. İlaçlar sektörü, tarım, hijyenik uygulamalar, kozmetik sanayi ve parfüm üretimi, gıda ve tıp gibi farklı alanlarda esansiyel yağlar kullanılmaktadır (de Sousa vd., 2023).

Bunlar, esas olarak terpenoidler, özellikle monoterpenler ve sesquiterpenler ve çeşitli aromatik fenoller, oksitler, eterler, alkol esterleri, aldehytler ve ketonların karmaşık bir karışımıdır. Bunlar konsantre bitki özleridir. Her bir uçucu yağın kendine özgü bir kimyasal bileşimi vardır ve bu çeşitlilik onun kokusunu, emilimini (Catani vd., 2023). Tek bir bitki türünden üretilen uçucu yağda, 400'e kadar kimyasal bileşen tanımlanmıştır ve yapılan bir çalışmada 91 uçucu yağda 4.350 farklı kimyasal saptanmıştır (Şekil 1) (Ramsey et al., 2020). Ancak büyük çoğunluğu terpenoid bileşenlerdir ve bilinen doğal ürünlerin yaklaşık %80'ı terpenoidlerden oluşmaktadır (de Carvalho ve Caramulho, 2008; El Asbahoni vd., 2015). Uçucu yağlardaki bileşen türleri yağın etkinliğini etkilemektedir. Örneğin uçucu yağlarda uçucu monoterpenlerin varlığı, bitkiye hastalık ve zararlılara karşı önemli bir savunma potansiyeli sağlamaktadır. Bu terpenoidler ayrıca bitki parazit etkileşimlerinde rol oynamakta ve sinyal molekülleri olarak görev almaktadır (Batish vd., 2008).



Şekil 1: Esansiyel yağ bileşenlerinin kimyasal yapıları (Koul, 2008)



Şekil 1: Devamı (Koul, 2008)

Esansiyel yağlar, çoğunlukla aromatik ve tıbbi bitkilerden elde edilmektedir. Hidrofobik yapıları ve yoğunlukları genellikle sudan daha düşük olduğundan genellikle lipofiliktirler, organik çözücülerde çözünürler ve suyla karışmamaktadır. Bunlar sulu fazdan dekantasyonla ayrılabilirler. Ancak, ekstraksiyon miktarı bitki türlerine ve bitki kısımlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu oran çok düşüktür (%1), bu da bu nedenle esansiyel yağlar oldukça değerli nadir maddeler olarak kabul edilmektedir (Asbahani vd.,

2015). Esansiyel yağlar bitkinin farklı kısımlarında bulunmaktadır, ancak daha çok çiçeklerde ve yapraklarda miktarı yoğundur (Tablo 1) (Butnairu ve Sarac, 2018).

Tablo 1: Bazı bitkilerde uçucu yağ içeren bitki kısımları (Tongnuanchan ve Benjakul, 2008)

Bitki kısmı	Bitki türü
Yaprak	Fesleğen, defne, tarçın, adaçayı, okaliptüs, limon otu, nane, kekik, çam, biberiye, çay ağacı, tarhun, servi, kereviz
Tohum	Badem, anason, kakule, kimyon, havuç, kereviz, kişniş, kimyon, hindistan cevizi, maydanoz, rezene, dereotu, salatalık, kuşburnu, biber, hardal
Odun doku	Atlas sedir ağacı, himalaya sedir ağacı, gül ağacı, sandal ağacı
Kabuk	Tarçın, bergamot, greyfurt, limon, portakal, mandalina
Meyve	Yenibahar, ardıç, hindistan cevizi, karabiber, kuşburnu, havuç, salatalık, vanilya, kişniş
Çiçek	Papatya, karanfil, kimyon, sardunya, yasemin, lavanta, portakal, gül, ylang-ylang, tarhun, menekşe, leylak, zambak, safran, nergiz çiçeği, manolya, kadife çiçeği, nilüfer, mimoza, kavak
Kök	Zencefil, papatya, zerdeçal, kediotu, soğan, sarımsak, bayır turpu, kereviz
Rizom	Zencefil, zerdeçal, soğan, sarımsak
Reçine	Çam

2. ESANSİYEL YAĞLARIN BİTKİ KORUMADA KULLANIMI

Esansiyel yağların bitki korumada böcek ilacı, bakteri ilacı, mantar ilacı, akarisit, herbisit, antiviral ve nematisit dahil olmak üzere farklı kullanımları vardır. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesinin engellenmesi, mantar patojeninin hücre zarı ve hif yapısının değişmesi, mantar oluşumunun engellenmesi, zararlılara karşı toksik, kovucu ve büyümeyi engelleyici etki, nematodlarda larva gelişimi ve hareketi üzerinde engelleyici etki, bitkide bakteriyel patojenlerin gelişmesi ve bitkilerde patojenlere karşı direncin artması, bakteri yapısının zarar görmesi ve virüslerde hastalık şiddetinin

azalması, uçucu yağların etki mekanizmalarından bazılarını oluşturmaktadır (Nohutçu vd., 2021).

Esansiyel yağların bitki korumada kullanımlarının pestisitlere oranla oldukça avantajları bulunmaktadır. Birçok birkiden üretilen bu yağlar, zararlı ve hastalıklara karşı geniş bir aktivite yelpazesine sahiptir. Yüksek uçuculukları nedeniyle uygulandıkları alanlarda kalıcılıkları kısadır ve kalıntı sorununa neden olmamaktadırlar Böylece toprağı veya yeraltı suyunu kirletmemekte, tüketilen meyve ve sebze gibi bitkilerde insanlara karsinojen kalıntıları bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra, çoğu esansiyel yağ, memeliler ve sucul yaşam canlıları için düşük riskli pestisitler grubunda sınıflandırılmaktadır. Yine esansiyel yağlarda birçok kimyasal bileşen bulunduğundan hastalık ve zararlıların bunlara karşı dayanıklılık oluşturma riski oldukça düşüktür. Yağ bazlı biyopestititlerin diğer pestisitler ve biyolojik mücadele etmenleri ile kullanımlarında bir sınırlama bulunmamaktadır (Alonso-Gato vd., 2021). Esansiyel yağlar bitkinin hem biyotik hem de abiyotik stres koşullarına karşı reaksiyonunda ana molekül konumundadır. Bununla birlikte tohum kaynaklı hastalıkları kontrol etmek için etkili ve sürdürülebilir bir biyopestitittir (Kesaoui vd., 2022).

2.1. Nematod mücadelesinde esansiyel yağlar

Dünya genelinde 81 familyadan 348'den fazla tür nematisit aktivitesi açısından taranmıştır. *Azadirachta indica*, *Melia azedarach*, *Eucalyptus* spp., *Ricinus communis*, *Satureja* spp., *Solanum* spp., *Allium* spp., *Thymus* spp., *Citrus* spp. ve *Artemisia* spp. en etkili bitkiler olarak bulunmuştur. Asteraceae, Apocynaceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae ve Myrtaceae familyaları test edilen bitki türlerinin %50'sinden fazlasını oluşturmuştur (Mwamula vd., 2022). Esansiyel yağlardaki alkaloidler, diterpenler, poliasetlenler, fenolikler, seskiterpenler ve tiyenil türevleri gibi bileşikler nematisit aktiviteye sahiptir (Oka vd., 2000).

Esansiyel yağların nematisidal aktivitesi içerdikleri kimyasal bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Çeşitli deneylerde, nematisit olarak test edilen bileşenlerin çoğu terpenlerdir. Ana terpen sınıfları monoterenler, seskiterpenler, hemiterpenler, diterpenler, triterpenler ve tetraterpenlerdir (Echeverrigaray vd., 2010). Terpenler, lipofilik özellikleri nedeniyle plazma membran geçirgenliğini bozmak suretiyle nematoda etki etmektedirler.

Membranda bozulma nedeniyle bitki paraziti nematodlarda sitoplazmik makromoleküllerin sızma meydana gelmektedir (Padillo-Montano vd., 2010). Her terpenin etki şeklinin farklı olduğu bildirilmektedir. Bazı monotrpenlerin polisakkaritler, yağ asitleri ve fosfolipitler gibi biyomoleküllerin yapısını bozduğu ve mitokondriyal zarların depolarizasyonunu indükleyebildiği bulunmuştur (Sarri vd., 2024).

Terpen dışındaki nematisidal etkilere sahip esansiyel yağların bileşenleri arasında alil izotiyosiyanat, dialildisülfür ve dialil trisülfür gibi organosülfür bileşikler bulunmaktadı. Bu bileşikler nematodların nörotransmisyon ve kemosensör işlevlerini etkilemektedir (Dutta vd., 2021). Bitkisel uçucu yağlarda bulunan bir diğer bileşen grubu olan fenilpropanoidler ise bitkilerde nematoda dayanıklılığı uyararak etki etmektedirler. Fenilpropanoid aldehitler içeren yağlar, V-ATPase enziminin aktivitesini engelleyerek nematodlara karşı etkilerini göstermektedir. Vakuolar tipte proton-taşıyan ATPase olarak bilinen bu enzim, protonları zarlardan pompalamaktan sorumludur ve ATP hidrolizi ile enerji kazanmaktadır. Nematod beslenmesinde, ozmoregülasyonda ve üremede kritik roller oynamaktadır. Ayrıca, esansiyel yağlarda fenollerin, aldehitlerin ve alkollerin varlığı, nematod sitoplazmik zarlarını oksitleyerek etki göstermektedir (Sarri vd., 2024).

Yeryüzünde *Meloidogyne* spp. familyasındaki kök ur nematodları mücadelesi en zor ve ekonomik kayıpları en fazla olan nematod türleri olarak bilinmektedir. Bu nedenle, son yıllarda, esansiyel yağların kök ur nematodlarına nematisidal aktivitesinin incelenmesi ve ticari ürün geliştirilmesi üzerine çalışmalara ağırlık verilmektedir. Özellikle *Artemisia*, *Cymbogon*, *Lavandula*, *Mentha*, *Origanum*, *Ocimum*, *Satureja*, *Thymus*, *Citrus*, *Eucalyptus* ve *Eugenia* esansiyel yağlarının, kök-ur nematodları (*Meloidogyne arenaria*, *M. chitwoodi*, *M. hapla*, *M. incognita* ve *M. javanica*) üzerindeki nematisidal etkileri saptanmıştır (Kesraouli vd., 2022). Carvacrol, geraniol, linalool, limonene, eugenol, thymol ve pinene gibi bileşikler nedeniyle esansiyel yağlar nematisidal etki göstermektedir. Etki şekilleri ise yumurta açılımının engellenmesi, nematod juvenillerinde (J2) ölüm yada paraliz şeklindedir (Sarri vd., 2024). Nematodlara etkili esansiyel yağlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Esansiyel yağların etkili olduğu nematod türleri (Choi vd., 2007; Faria vd., 2021; Li vd., 2021; Göze Özdemir vd., 2021; Douda vd., 2022; Catani vd., 2023; Zoubi vd., 2023)

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	
<i>Bursaphelenchus xylophylus</i>	<i>Allium sativum</i>	<i>Boswellia serrata</i>
	<i>Agastache rugosa</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>
	<i>Angelica dahurica</i>	<i>Chamaespartium tridentatum</i>
	<i>Armoracia rusticana</i>	<i>Chrysanthemum morifolium</i>
	<i>Asiarum sieboldi</i>	<i>Commiphora myrrha</i>
	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Cinnamomum camphora</i>
	<i>Artemisia arborescens</i>	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
	<i>Atractylodes japonica</i>	<i>Citrus limonum</i>
	<i>Abies alba</i>	<i>Citrus paradisi</i>
	<i>Abies sibirica</i>	<i>Cananga odorata</i>
	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Citrus bergamia</i>
	<i>Acorus calamus</i>	<i>Citrus reticulata</i>
	<i>Agothosma betulina</i>	<i>Citrus sinensis</i>
	<i>Amyris balsamifera</i>	<i>Cnidium officinale</i>
	<i>Anethum graveolens</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>
	<i>Angelica archangelica</i>	<i>Curcuma longa</i>
	<i>Aniba rosaeodora</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>
	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Cymbopogon nardus</i>
	<i>Artemisia dracunculus</i>	<i>Citrus aurantium</i>
	<i>Artemisia pallens</i>	<i>Commiphora myrrha</i>
	<i>Abies alba</i>	<i>Croton eluteria</i>
	<i>Abies sibirica</i>	<i>Cupressus funebris</i>
	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Cymbopogon martini</i>
	<i>Acorus calamus</i>	<i>Cyperus scariosus</i>
	<i>Agothosma betulina</i>	<i>Calamintha baetica</i>
	<i>Amyris balsamifera</i>	<i>Chamaespartium tridentatum</i>
	<i>Anethum graveolens</i>	<i>Chamomilla recutita</i>
	<i>Angelica archangelica</i>	<i>Cistus ladanifer</i>
	<i>Aniba rosaeodora</i>	<i>Crithmum maritimum</i>
	<i>Anthemis nobilis</i>	<i>Cryptomeria japonica</i>
	<i>Apium graveolens</i>	<i>Cinnamomum verum</i>
	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
<i>Artemisia pallens</i>	<i>Chamomilla recutita</i>	

Tablo 2: Devamı

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	
<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	<i>Artemisia dracunculus</i>	<i>Chamaespartium tridentatum</i>
	<i>Artemisia dracunculus</i>	<i>Cistus ladanifer</i>
	<i>Abelmoschus seminis</i>	<i>Crithmum maritimum</i>
	<i>Boswellia carterii</i>	<i>Hedychium spicatum</i>
	<i>Bulnesia sarmienti</i>	<i>Hyssopus officinalis</i>
	<i>Cinnamomum camphora</i>	<i>Helichrysum bracteiferum</i>
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	<i>Juniperus virginiana</i>
	<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Juniperus brevifolia</i>
	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Inula racemosa</i>
	<i>Commiphora myrrha</i>	<i>Juniperus communis</i>
	<i>Croton niveous</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
	<i>Cupressus funebris</i>	<i>Litsea cubeba</i>
	<i>Cryptomeria japonica</i>	<i>Liquidambar orientalis</i>
	<i>Cymbopogon martini</i>	<i>Leptospermum ericoides</i>
	<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Lippia javanica</i>
	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Lavandula officinalis</i>
	<i>Chamecyparia obtusa</i>	<i>Lavandula angustifolia</i>
	<i>Dipteryx odorata</i>	<i>Lavandula stoechas</i>
	<i>Daucus carota</i>	<i>Lavandula viridis</i>
	<i>Eucalyptus smithii</i>	<i>Lavandula intermedia</i>
	<i>Eucalyptus polybractea</i>	<i>Levisticum officinale</i>
	<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Laurus azorica</i>
	<i>Eucalyptus dives</i>	<i>Leptospermum petersonii</i>
	<i>Eriocephalus punctulatus</i>	<i>Laurus nobilis</i>
	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Lavandula dentata</i>
	<i>Eugenia caryophyllata</i>	<i>Lavandula luisieri</i>
	<i>Evodia officinalis</i>	<i>Miroxylon balsamum</i>
	<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Myrtus communis</i>
	<i>Eucalyptus dives</i>	<i>Melissa officinalis</i>
	<i>Ferula galbaniflua</i>	<i>Mentha piperita</i>
	<i>Gaultheria procumbens</i>	<i>Melaleuca alternifolia</i>
	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Melaleuca viridiflora</i>
<i>Helichrysum angustifolium</i>	<i>Michelia alba</i>	

Tablo 2. Devam

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	Referans
<i>Bursaphelenchus xylophylus</i>	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Petroselinum crispum</i>
	<i>Mentha spicata</i>	<i>Pogostemon patchouli</i>
	<i>Myristica fragrans</i>	<i>Pelargonium graveolens</i>
	<i>Melaleuca dissitiflora</i>	<i>Pimenta racemosa</i>
	<i>Melaleuca uncinata</i>	<i>Ruta graveolens</i>
	<i>Melaleuca linariifolia</i>	<i>Rosa damascene</i>
	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	<i>Nelumbo nucifera</i>	<i>Satureja hortensis</i>
	<i>Nigella sativa</i>	<i>Syzygium aromaticum</i>
	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Salvia stenophylla</i>
	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Styrax benzoin</i>
	<i>Pittosporum undulatum</i>	<i>Salvia lavendulaefolia</i>
	<i>Pimenta dioica</i>	<i>Salvia officinalis</i>
	<i>Paeonia moutan</i>	<i>Salvia sclarea</i>
	<i>Perilla frutescens</i>	<i>Santalum album</i>
	<i>Pimpinella anisum</i>	<i>Sassafras albidum</i>
	<i>Piper nigrum</i>	<i>Schizonepeta tenuifolia</i>
	<i>Petroselinum crispum</i>	<i>Satureja montana</i>
	<i>Pimenta dioica</i>	<i>Syzygium aromaticum</i>
	<i>Pimenta officinalis</i>	<i>Thymus zygis</i>
	<i>Pelargonium graveolens</i>	<i>Thymbra capitata</i>
<i>Piper nigrum</i>	<i>Trachyspermum ammi</i>	
<i>Pelargonium inquinans</i>	<i>Thymus caespititius</i>	
<i>Pastinaca sativa</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>
	<i>Allium sativum</i>	<i>Cinnamon cassia</i>
	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Cinnamomum verum</i>
	<i>Artemisia herba-alba</i>	<i>Camellia sinensis</i>
	<i>Agastache rugosa</i>	<i>Croton regelianus</i>
	<i>Artemisia annua</i>	<i>Cympogon nardus</i>
	<i>Acorus calamus</i>	<i>Cympogon martinii</i>
	<i>Artemisia nilagirica</i>	<i>Cymbopogon winterianus</i>
	<i>Brassica nigra</i>	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>

Tablo 2. Devam

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	Referans
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	<i>Origanum dictamnus</i>
	<i>Carum capticum</i>	<i>Ocimum gratissimum</i>
	<i>Cedrus deodara</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
	<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Ocimum sanctum</i>
	<i>Eucalyptus hybrida</i>	<i>Origanum dictamnus</i>
	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Pistacia terebinthus,</i>
	<i>Eucalyptus meliodora</i>	<i>Pelargonium asperum</i>
	<i>Eucalyptus chamadulonsis</i>	<i>Petroselinum crispum</i>
	<i>Eucalyptus terenticornis</i>	<i>Pelargonium asperum</i>
	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Pectis apodocephala</i>
	<i>Eugenia caryophyllata</i>	<i>Pectis oligocephala</i>
	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Pinus pinea</i>
	<i>Juglans nigra</i>	<i>Pimpinella anisum</i>
	<i>Kadsura heteroclita</i>	<i>Pistacia terebinthus</i>
	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Pilocarpus microphyllus</i>
	<i>Lippia alba</i>	<i>Petroselinum crispum</i>
	<i>Lippia sidoides</i>	<i>Ruta graveolens</i>
	<i>Mentha piperita</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Ruta chalepensis</i>
	<i>Mentha spicata</i>	<i>Satureja hellenica</i>
<i>Mentha pulegium</i>	<i>Syzygium aromaticum</i>	
<i>Monarda fistulosa</i>	<i>Syzygium aromaticum</i>	
<i>Monarda didyma</i>	<i>Tagetes erecta</i>	
<i>Melissa officinalis</i>	<i>Tymus vulgaris</i>	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Carum carvi</i>	
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Artemisia judaica</i>	<i>Cinnamomum verum</i>
	<i>Allium sativum</i>	<i>Coridothymus capitatus</i>
	<i>Artemisia absinthium</i>	<i>Eupatorium viscidum</i>
	<i>Achillea fragrantissima</i>	<i>Eupatorium buniifolium</i>
	<i>Artemisia arboresses</i>	<i>Eupatorium inulaefolium</i>
	<i>Artemisia dracunculus</i>	<i>Eupatorium viscidum</i>
	<i>Bacharis salicifolia</i>	<i>Eupatorium arnotii</i>
	<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>

Tablo 2. Devam

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	References
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Haplophyllum tuberculatum</i>	<i>Plectranthus cylindraceus</i>
	<i>Lippia citrodora</i>	<i>Piper hispidinervum</i>
	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Pelargonium graveolens</i>
	<i>Lavandula officinalis</i>	<i>Ruta chalepensis</i>
	<i>Leptospermum petersonii</i>	<i>Ridolfia segetum</i>
	<i>Mentha rotundifolia</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
	<i>Mentha spicata</i>	, <i>Satureja montana</i>
	<i>Mentha piperita</i>	<i>Satureja hellenica</i>
	<i>Mentha rotundifolia</i>	<i>Salvia dominica</i>
	<i>Micromeria fruticosa</i>	<i>Salvia officinalis</i>
	<i>Myrtus communis</i>	<i>Salvia triloba</i>
	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>Schinus terebinthifolius</i>
	<i>Origanum dayi</i>	<i>Thymus satureioides</i>
<i>Origanum syriacum</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Tagetes minuta</i>	
<i>Meloidogyne graminicola</i>	<i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Mentha piperita</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
<i>Meloidogyne artiellia</i>	<i>Chrysanthemum coronarium</i>	
<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Petroselinum crispum</i>	
<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Thymus citriodorus</i>
<i>Hoplolaimus</i> spp.	<i>Mentha hortensis</i> <i>Mentha spicata</i>	<i>Thymus vulgaris</i>
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	<i>Cymbopogon citratus</i>	<i>Thymus caespititius</i>
	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Thymus zygis</i>
<i>Meloidogyne arenaria</i>	<i>Mentha piperita</i>	<i>Petroselinum crispum</i>
	<i>Mentha spicata</i>	
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	<i>Anethum graveolens</i>	<i>Origanum compactum</i>
	<i>Boswellia sacra</i>	<i>Origanum vulgare</i>
	<i>Cinnamomum cassia</i>	<i>Thymus matschiana</i>
	<i>Eugenia caryophyllata</i>	<i>Thymus vulgaris</i>
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Mentha hortensis</i>
	<i>Mentha spicata</i>	<i>Thymus vulgaris</i>

Tablo 2. Devam

Etkili olduğu nematod	Esansiyel yağ bitkisi	References
<i>Pratylenchus neglectus</i>	<i>Coriondram sativum</i> <i>Foeniculum vulgare</i> <i>Ferulago pauciradiata</i>	<i>Heracleum platytaenium</i> <i>Kundmannia anatolica</i>
<i>Pratylenchus thornei</i>	<i>Anthriscus sylvestris</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Ferulago cassia</i>	<i>Kundmannia anatolica</i> <i>Pinpinella anisum</i> <i>Smyrniunum connatum</i>
<i>Pratylenchus vulnus</i>	<i>Monarda didyma</i> <i>Monarda fistulosa</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Anethum graveolens</i> <i>Anthriscus sylvestris</i> <i>Coriandrum sativum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i> <i>Heracleum platytaenium</i> <i>Smyrniunum connatum</i>
<i>Caenorhabditis elegans</i>	<i>Amomum subulatum</i>	<i>Artemisia nilagirica</i>
<i>Pratylenchus brachyurus</i>		<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Pratylenchus spp.</i>		<i>Eucalyptus globulus</i>
<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Pimpinella anisum</i>
<i>Panagrolaimus spp.</i>	<i>Cinnamomum burmannii</i>	<i>Cinnamomum cassia</i>
<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Pimpinella anisum</i>
<i>Xiphinema index</i>	<i>A. herba-alba</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Thymus satureioides</i>
<i>Criconemella spp.</i>	<i>Majorana hortensis</i> <i>Mentha longifolia</i>	<i>Mentha spicata</i> <i>Thymus vulgaris</i>
<i>Tylenchus semipenetrans</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Foeniculum vulgare</i> <i>Chamaemelum nobile</i>	<i>Thymus vulgaris</i> <i>Verbena officinalis</i> <i>Moringa oleifera</i>
<i>Globodera spp.</i>	<i>Allium sativum</i> <i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Salvia officinalis</i>
<i>Heterodera spp.</i>	<i>Hyssopus cuspidatus</i> <i>Kaempferia galanga</i> <i>Mentha canadensis</i>	<i>Ocimum basilicum</i> <i>Valeriana amurensis</i>
<i>Heterodera aveane</i>	<i>Kaempferia galanga</i>	

3. SONUÇ

Tarım alanlarında önemli kayıplara neden olan etmenlerden biri de nematodlardır. Nematod zararı sonucunda verim düşüklüğü ve ürün kayıpları görülmektedir. Günümüzde nematod mücadelesinde temiz üretim materyali kullanmak, ekim nöbeti, buşalık tarlayı su altında bırakma, örtü bitkileri ve dayanıklı çeşit kullanarak mücadele, biyolojik mücadele, solarizasyon ve kimyasal mücadele gibi yöntemler kullanılmaktadır. Isıtma uygulamasında toprak 50 °C'de 30 dk muamele edilmekte ve toprağı ısıtmak için gerekli olan enerji maliyetli olmaktadır. Toprağı bol su verme nematodun yok edilebilmesi için 10-12 ay toprağı su altında bırakılması gerekmektedir ve bu su verilen alanlarda aylarca tarımsal üretim yapılamayacağından ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Tarım alanlarında nematod ile mücadelede bulaşık bitkiler topraktan sökülerek uzaklaştırılabilmekte fakat bu işlem sırasında nematod ile bulaşık kök parçaları toprakta kalabilmektedir. Nematodlar ile kimyasal mücadelede geniş etki spektrumlu fümigantlar ve spesifik nematisitler kullanılmaktadır. Ancak bu fümigantların kullanımları, insan ve çevre sağlığına olan zararları ve taban suyunda oluşturdukları kalıntılar sebebiyle ülkemizde yasaklanmıştır. Bununla birlikte geniş etki spektrumlu fümigantların kullanımıyla toprakta bulunan faydalı mikrororganizma populasyonları da zarar görmekte ve mikrofauna olumsuz etkilenmektedir.

Nematodlarla mücadelede kullanılan bu yöntemlerin yetersizliği yada olumsuz etkileri nedeniyle günümüzde esansiyel yağlar gibi çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesi çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Esansiyel yağlar ile 2 gün gibi kısa bir sürede juvenil nematodlarda %100 ölüm görülebilmektedir. Yine nematod üremesi de negatif etkilenmekte ve zararlı nematod populasyonu çoğalmadığından bitki köklerinde meydana gelebilecek zarar da azalabilmektedir. Esansiyel yağlardaki kimyasal bileşenlerin de metil bromid gibi toprak fümigatörleri ve nematositlerin çevrede, ozon tabakasında meydana getirdiğı zarar ve asit yağmurları gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akdoğan, A., Divrikli, Ü., Elçi, L. (2012). Pestisitlerin Önemi ve Ekosisteme Etkileri. *Akademik Gıda*, 10(1), 125-132.
- Alonso-Gato, M., Astray, G., Mejuto, J.C., Simal-Gandara, J. (2021). Essential Oils as Antimicrobials in Crop Protection. *Antibiotics*, 10, 34. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010034>
- Bayoumi, Alaa. (2022). Deleterious Effects of Banned Chemical Pesticides on Human Health in Developing Countries. 10.5772/intechopen.104571.
- Bruneton, J., (1999). Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes Medicinales, 3eme. Tec & Doc., Paris, 1120 pp.
- Catani, L., Manachini, B., Grassi, E., Guidi, L., & Semprucci, F. (2023). Essential Oils as Nematicides in Plant Protection-A Review. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(6), 1418. <https://doi.org/10.3390/plants12061418>
- Choi I.H., Park J.Y., Shin S.C., Kim J., Park I.K. (2007). Nematicidal activity of medicinal plant essential oils against the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Appl. Entomol. Zool.* 42 (3): 397–401.
- Monica Butnariu, Ioan Sarac (2018) Essential Oils from Plants. *Journal of Biotechnology and Biomedical Science* - 1(4):35-43. <https://doi.org/10.14302/issn.2576-6694.jbbs-18-2489>
- Douda O., Zouhar M., Maňasová M. (2022): Effect of plant essential oils on the mortality of *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) nematode under in vitro conditions. *Plant Soil Environ.*, 68, 410–414
- Dutta, A., Mandal, A., Kundu, A., Malik, M., Chaudhary, A., Khan, M. R., Shanmugam, V., Rao, U., Saha, S., Patanjali, N., Kumar, R., Kumar, A., Dash, S., Singh, P. K., & Singh, A. (2021). Deciphering the Behavioral Response of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* Toward Mustard Essential Oil. *Frontiers in plant science*, 12, 714730. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.714730>
- de Carvalho, C. C., Caramujo, M. J. (2008). Ancient procedures for the high-tech World: health benefits and antimicrobial compounds from the Mediterranean Empires. *The Open Biotechnology Journal*, 2(1).
- de Sousa, D. P., Damasceno, R. O. S., Amorati, R., Elshabrawy, H. A., de Castro, R. D., Bezerra, D. P., Nunes, V. R. V., Gomes, R. C., Lima, T. C. (2023). Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. *Biomolecules*, 13(7), 1144. <https://doi.org/10.3390/biom13071144>
- Echeverrigaray, S.; Zacaria, J.; Beltrão, R. (2010). Nematicidal Activity of Monoterpenoids against the Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology*, 100, 199–203
- El Asbahani, A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. A., Casabianca, H., ... & Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to

- encapsulation. *International journal of pharmaceutics*, 483(1-2), 220-243.
- Faria, Jorge & Vicente, Cláudia. (2021). Essential Oils and Volatiles as Nematocides against the Cyst Nematodes *Globodera* and *Heterodera*. *Biology and Life Sciences Forum*. 3. 1. 10.3390/IECAG2021-09689.
- Göze Özdemir, F. G., Tosun, B., Şanlı, A., Karadoğan, T. (2021). Türkiye’de Yetişen Bazı Apiaceae Türlerinin Uçucu Yağlarının Kök Lezyon Nematodlarına Karşı Nematisidal Aktiviteleri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(2), 425-433. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.796093>
- Kesraoui, S., Andrés, M. F., Berrocal-Lobo, M., Soudani, S., Gonzalez-Coloma, A. (2022). Direct and Indirect Effects of Essential Oils for Sustainable Crop Protection. *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(16), 2144. <https://doi.org/10.3390/plants11162144>
- Koul, Opende. (2008). Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International*. 4, 63-84.
- Naeem A, Abbas T, Ali TM, Hasnain A. (2018). Essential Oils: Brief Background and Uses. *Ann Short Reports*, 1(1), 1006.
- Padilla-Montaño, N., de León Guerra, L., Moujir, L. (2021). Antimicrobial Activity and Mode of Action of Celastrol, A Nortriterpen Quinone Isolated from Natural Sources. *Foods*, 10, 591
- Ramsey, J. T., Shropshire, B. C., Nagy, T. R., Chambers, K. D., Li, Y., Korach, K. S. (2020). Essential Oils and Health. *The Yale journal of biology and medicine*, 93(2), 291–305.
- Şengezer, E., Güngör, T. (2008). Esansiyel yağlar ve hayvanlar üzerindeki etkileri (derleme). *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 48(2), 101 - 110.
- Sarri, K., Mourouzidou, S., Ntalli, N., Monokrousos, N. (2024). Recent Advances and Developments in the Nematicidal Activity of Essential Oils and Their Components against Root-Knot Nematodes. *Agronomy*, 14, 213. 10.3390/agronomy14010213.
- Tongnuanchan P, Benjakul S. (2014). Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), 1231-1249.
- Svoboda, K. P., Greenaway, R. I. (2003). Investigation of volatile oil glands of *Satureja hortensis* L.(summer savory) and phytochemical comparison of different varieties. *International Journal of Aromatherapy*, 13(4), 196-202.
- Zoubi, B., Mokrini, F., Amer, M., Cherki, G., Rafya, M., Benkebboura, A., ... Qaddoury, A. (2023). Eco-friendly management of the citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* using some aromatic and medicinal plants. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 56(1), 66–86. <https://doi.org/10.1080/03235408.2023.2177131>

BÖLÜM 8

KARAYOLU BİTKİSEL

TASARIMLARININ HAVA KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. | Güzella YILMAZ VURAL^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285963>

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü
guzella.yilmaz@gop.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-9284-9698

GİRİŞ

İnsan hayatında ulaşım, vazgeçilmez unsurlardan birisidir. Karayolu, denizyolu ve hava yolu ulaşımı sağlayan sistemlerdir. İnsanlığın varoluşundan beri en sık kullanılan ulaşım yolu karayoludur. Karayolu ulaşımı, özellikle 2000’li yıllardan itibaren Dünya ulaşım sisteminde hakim duruma gelmiştir (Çetin vd., 2011). Karayolları ulaşımının diğer ulaşım sistemleri içerisinde daha çok tercih edilmesinin nedeni, hemen hemen istenilen tüm noktalara ulaşım imkanı sunmasıdır. (Bollucu vd., 2017). Karayolları, kentlerin şekillenmesinde önemli rol oynar ve insan-çevre-yol arasında ilişki sağlayarak toplumsal açıdan önemli olan bir mekan olma özelliği taşır (Altınçekiç ve Altınçekiç, 1999; Tunay vd., 2008; Yücel vd., 2014; Ay, 2012). Kentlerin genel dokusunu, açık-yeşil alanlar, yapısal alanlar ve bu alanların birbiri ile ilişkisi oluşturur (Gül ve Küçük, 2001). Yapısal alanlar ve yeşil alanlar arasındaki ilişkiyi sağlayan unsurlardan birisi ulaşım sistemidir. Kentsel tasarımlarda ulaşım, planlamanın bir elemanı olarak nitelendirilir ve arazi kullanımının yaklaşık %20-40’ını oluşturur (Kaplan, 1991). Kent yerleşiminin tasarım ilkeleri kapsamında planlı olarak yapıldığı yerleşim alanlarında, ulaşım yollarının o bölgenin iskeletini oluşturduğu ve alanın gelişme yönünü belirlediği düşünülmektedir. (Aslanboğa, 1986, Küçük, 2010). Yerleşim alanları içerisinde karayolları büyük bir alan kaplar ve kentin sık kullanılan alanları oldukları için karayollarında etkili peyzaj tasarımı yapılması önem arz etmektedir. Şehir merkezlerinde bulunan, caddeler, sokaklar, refüjler ve kavşaklar hem insanların kullandığı zorunlu işlevsel alanlar hem de aktif ve pasif rekreasyon ihtiyacını karşılayan önemli kamusal alanlardır (Ertin vd., 2011). Karayollarını da içine alan kentsel yeşil alanlar, yıl boyunca farklı görsel güzellikleri ile kent insanının ilgisini çekme, onları doğaya yaklaştırma, keskin hatları yumuşatarak tekdüze görünüşleri giderme, yol boyunca estetik güzellik sağlama, güneş ışığını absorbe ederek sıcaklık düzenleme, yollarda kum veya kar birikimini engelleme, trafiği düzenleme ve rüzgar perdesi olma işlevsel ve estetik özelliklerini üstlenir (Atay,1990). Karayolları peyzaj planlaması yapılırken, hem araç hem de yayalar için güvenli bir ulaşım sağlanması amaçlanırken aynı zamanda görsel olarak doyurucu bir görüntü elde etmek amaçlanmaktadır. Bu yüzden, karayolu bitkilendirilmesi peyzaj planlama ve tasarım ilkelerine göre yapılmalıdır. Türkiye’de yer alan büyük ve gelişmiş şehirlerde daha planlı ve

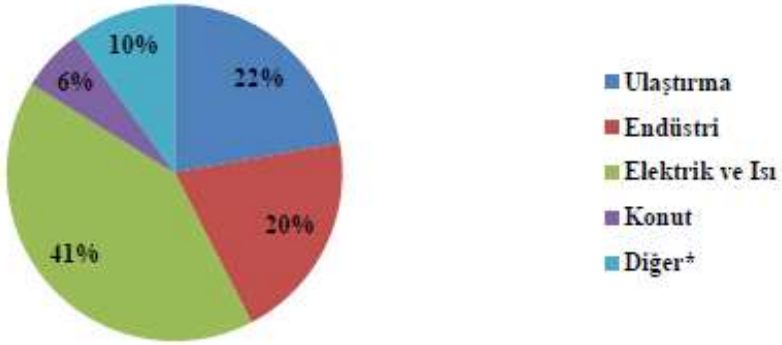
programlı peyzaj tasarımı yapılırken diğer şehirlerde peyzaj tasarım ilkeleri dikkate alınmadan, gelişi güzel bitkilendirme çalışmaları yapılmaktadır (Tenik, 1994; Altınçekiç ve Altınçekiç, 1999; Dağistanlıoğlu ve Önder, 2009; Ertin vd., 2011; Sağlık vd., 2012).

Hızlı nüfus artışı, sanayi ve teknolojiadaki hızlı gelişim, ısınma gereksiminin artması, enerji tüketimindeki artış, motorlu taşıt sayısı ve kullanımındaki artış gibi unsurlar her geçen gün çevreye zarar vermekte ve her geçen gün daha büyük kirletici etki olmaktadır. Olumsuz sağlık koşulları, kalabalık, su kirliliği, hava kirliliği ve katı atıkların oluşturduğu toplumsal sağlığı olumsuz etkileyen unsurların azaltılması gerekliliği UNEP-IETC'de (2002) belirtilen "kahverengi gündem" kavramı altında önemle vurgulanmıştır (Hoşkara ve Sey, 2008). Hava, toprak ve su canlıların sahip olduğu doğal kaynaklardır ve bu kaynaklar insanlar tarafından kirletilerek her geçen gün canlı yaşamı için sınırlayıcı hale getirilmektedir. Toprak, su veya hava kirliliği canlılar için direkt veya dolaylı olarak risk oluşturmaktadır. Soluduğumuz hava sağlığımız açısından direkt etkilidir. Soluduğumuz havanın içerisinde sadece kirletici gazların bulunması değil, oksijen miktarının az oluşu da canlılar için büyük bir problem olmaktadır (Kardeşoğlu vd., 2011). Hava kirliliği, atmosferde toz, gaz, duman, koku ve su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin insan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verici miktara yükselmesi olarak tarif edilebilir (Anonim, 1981). Sera gazı envanteri sonuçlarına göre, 2021 yılı toplam sera gazı emisyonunun bir önceki yıla göre %7,7 artarak 564,4 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğere (eşd.) ulaştığı belirlenmiştir. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO₂ eşd. iken bu değer 2020 yılında 6,3 ton CO₂ eşd. ve 2021 yılında 6,7 ton CO₂ eşd.'e ulaşmıştır (TÜİK, 2021). Dünya genelinde milyonlarca insan, yasal olarak güvenli standart konsantrasyonların üzerinde hava kirleticisine maruz kalmaktadır. Mortalite risk faktörleri arasında hava kirliliği sekizinci sırada yer alır ve gelişmekte olan ülkelerdeki ölümlerin %2,5'ine sebep olduğu belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü hava kirliliğinin yılda üç milyondan fazla beklenmeyen ölüme yol açtığını tahmin etmektedir (Cavkaytar vd., 2013).

Hava kirliliğinin çok çeşitli sebepleri olmakla birlikte, en büyük sebeplerin, ulaşım, sanayi ve konutların ısınması olduğu bilinmektedir (Rossano, 1969). En tehlikelisi zararlı gazlardan olan karbon monoksit (CO) ve kurşun tetra ethyl adı verilen zehirli gazların atmosfere yayılmasının ana

nedenin ulaşım araçları olduğu bilinmektedir (Demirekler, 1978). Toplumsal ve sosyal açıdan hayatımızı kolaylaştıran karayollarının, zehirli gazların salınımı, gürültü, toz emisyonu ve katı atıklar gibi olumsuz etkilerine karşı önlemler alınması kaçınılmaz hale gelmiştir (Yurt, 2009). Motorlu araçlardan salınan egzoz gazları, trafikten kaynaklı hava kirliliğinin en önemli sebebidir. CO egzoz gazları içerisinde en tehlikeli olan, renksiz ve kokusuz gazdır. (Pekin, 1982; Binark, 1969; Elker, 1978). Karbon monoksit oranı yüksek olan hava solunarak kana karıştığında, karbohemoglobin oluşmaktadır ve hemoglobinin oksijen taşıyamayacak kadar azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda, dokulara giden oksijen azalır, zehirlenme ve kan pıhtılaşması bozuklukları görülebilmektedir (Soydan, 1978; Demirekler, 1978).

Hava kirliliğine sebep olan zehirli gazlardan CO₂ emisyonunun Dünya genelinde dağılımına baktığımızda, ulaşım sektöründen kaynaklı CO₂ emisyonunun %22 ile büyük bir yüzdeye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1: Sektörel CO2 Emisyonları, Dünya (2010)

Ticari/Kamusal hizmetleri, tarım, ormancılık, balıkçılık, elektrik ve ısı üretimi dışındaki enerji endüstrilerini ve herhangi bir alanda kanumlandırılmayan emisyonları içerir. (IEA, 2012). 1975 yılında Nato'nun yaptığı bir araştırmada, Ankara ilinin havasında toplamda 183.980 ton olarak ölçülen kirleticilerin %4' ünün ulaşım araçlarından kaynaklandığı kaydedilmiştir. Yine Ankara'da 1977 yılında yapılan başka bir çalışmada,

havada bulunan karbon monoksitin %77.1 'inin, hidrokarbonların %62.4' ünün ve nitrojen oksitlerin %44.7'sinin ulaşım araçlarından kaynaklı olduğu saptanmıştır. İstanbulda 1977 yılında ölçülen CO miktarının %92'sinin, NOx miktarının %60'ının, hidrokarbon miktarının %84'ünün, aldehitlerin ise %54'ünün taşıtlardan kaynaklandığı belirlenmiştir (Anonim, 1981; Pekin, 1982).

Ulaşım, nüfus artışı, sanayideki gelişmeler gibi doğal kaynakların bilinçsiz tüketimine sebep olan unsurlar ekolojik dengede dönüşü olmayan bozulmalara neden olmuştur. Bozulan dengenin geri getirilmesi veya ortaya çıkan zararın en aza indirilmesi için, bilim dünyasında çevre yönetimi konuları öncelikli duruma gelmiştir (Iram vd., 2020; Mohsin vd., 2019; Monzon ve Wang, 2019; Türkerş, 2009). Ekolojik dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan çevre sorunları sürdürülebilirlik ve yeşil kavramlarını ön plana çıkarmıştır. Bu kavramlar düşünüldüğünde ilk akla gelen bitkiler olmaktadır. Özellikle, karayolu, demiryolu gibi ulaşım güzergahlarının bulunduğu noktalarda, bitkilendirme çalışmalarına önem verilmelidir. Bu alanların bitkilendirilmesi, estetik ve işlevsellik açısından beklenen talebi karşılamakla beraber karayollarının olumsuz özelliklerini azaltacak nitelikte olmalıdır. Karayollarının doğru şekilde bitkilendirilmesinin bu olumsuz etkileri azaltacağı düşünülmektedir. Çünkü, bitkiler insanların fiziksel ve ruhsal açıdan yaşam koşullarını iyileştirirken CO₂ ve diğer kirleticilerin emilimini sağlayarak, oksijen miktarını arttırarak, havayı temizlerler, erozyona karşı toprağı korurlar, rüzgar perdesi görevi üstlenirler ve ortamın yazın daha serin kışın daha sıcak olmasına neden olurlar (Ekici, 2010; Çelikyay, 2017, Russel ve Culter, 2008, Kuchelmeister, 2000).

Karayollarında peyzaj tasarımı yapılırken bitki seçiminde, bitkilerin ekolojik ve estetik özelliklerine dikkat edilmelidir. Karayolları çevresinde kullanılacak bitkilerin, o bölge şartları için maksimum ve minimum sıcaklığa dayanıklı olması, kuraklığa dayanıklı bitkiler grubunda yer alıyor olması, bitki köklerinin toprak erozyonuna karşı direnci arttıracak nitelikte olması, ağır metal dayanımları ve absorbe etme özelliklerinin yüksek olması ve formlarının sürücü ve yayaların görüş açısını engellemeyecek özellikte olması önem arz etmektedir (Aydemir, 2022).

Karayollarında bitkilendirme çalışmalarının faydaları arasında en önemlilerden biri şüphesiz ki; havayı temizleme özellikleridir. Çünkü, ulaşım

sektörünün iklim değişikliği ve hava kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri her geçen gün artmaktadır. Hava kirliliğine sebep olan emisyon dağılımı içerisinde ilk sırada %45 ile enerji sektörü, ikinci sırada %24 pay ile ulaştırma sektörü yer alır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) Dünya’da ortaya çıkan CO₂ emisyonunun %71’inin ulaşım sektöründen kaynaklandığını belirtmişlerdir (Çakır vd., 2013). Harvard Üniversitesi’nde yürütülen bir çalışma, günümüzde meydana gelen her beş ölümden birisine, kömür, dizel ve fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan hava kirliliğinin sebep olduğunu ortaya koymuştur (URL 1., 2021). 2017 yılında yapılan sera gazı ölçümü sonucu 32.580 milyon ton olarak ölçülen enerji kaynaklı sera gazının %24’ünün ulaşım sektöründen ortaya çıktığı belirlenmiştir (IEA, World Energy Outlook, 2019). 2010-2016 yılları arasında Isparta’da yürütülen çalışmada, sera gazları içerisinde en yüksek miktarda bulunduğu için, ulaşım sektörü kaynaklı CO₂ emisyon bazlı karbon ayak izi Tier 2 yöntemine göre takip edilmiş ve bu yıllar arasında karbon ayak izinde %43 artış gözlemlenmiştir (Bıyık ve Civelekoğlu, 2020). Bıyık ve Civelekoğlu (2018), ulaştırma sektörünün, sera gazı üretiminde büyük yüzdeye sahip olduğunu ve iklim değişikliği ve hava kirliliğine sebep olan fosil yakıt emisyonlarının büyük oranda motorlu taşıtlardan kaynaklı olduğunu vurgulamışlardır. Dünyada meydana gelen enerji kaynaklı karbon emisyonlarının yaklaşık %25’inin ulaşım sektöründen kaynaklandığı belirlenmiştir (Batur vd., 2019). Monzon ve Wang (2019) yaptıkları çalışmada ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yaklaşık %72’sinin karayolu taşımacılığında kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Peyzajda kullanılan ağaçların, atmosferde oluşan hava kirliliğinin temizlenmesinde önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Federova vd., 2021). Karbon ayak izinin incelendiği bir çalışmada, toplam 1.097.599,90 ton/yıl CO₂ salınımının bozuk orman alanlarının ağaçlandırılması ile 542.064,55 ton/yıl azaltılabileceği, yeterli miktarda bitkilendirilme ile CO₂ miktarının neredeyse sıfırlanabileceği belirtilmiştir (Kırbaş ve Kocakulak, 2022). Yapılan bu çalışma bitkilerin büyük tehditler oluşturan hava kirliliğinin önlenmesinde ne kadar büyük bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Harris ve arkadaşların (2004) yaptığı çalışmada olgun yaştaki bir ağacın 20 kg tozu yakalayıp toprağa kazandırdığı, tozların yanı sıra kirletici gazları da absorbe edebildiğini bildirmişlerdir. İstanbul Beşiktaş’ta yapılan çalışmada, bitkilendirilme yapılmadan ölçülen trafik kaynaklı partikül miktarının bitkilendirme

yapıldıktan sonra, trafiğin daha yoğun olmasına rağmen ölçülen partikül miktarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Aktaş vd., 2021).

Karayollarında bitkisel tasarım planlaması yapılırken hava kirliliğinin göz önünde bulundurularak daha bilinçli tercihler yapılması için Tablo 1’de hava kirliliğine dayanıklı olan bazı bitki türleri listelenmiştir.

Tablo.1: Hava Kirliliğine Dayanıklı Karayollarında Kullanıma Uygun Bazı Bitki Türleri

Bitkinin Latince İsmi	Bitkinin Türkçe İsmi
<i>Acer sp.</i>	Akçaağaç
<i>Alnus cordata</i>	Kızılağaç
<i>Betula pendula</i>	Salkım Huş
<i>Catalpa bignonioides</i>	Katalpa
<i>Celtis australis</i>	Çitlembik
<i>Fraxinus</i>	Dışbudak
<i>Ginkgo biloba</i>	Mabet Ağacı
<i>Lagerstroemia</i>	Oya Ağacı
<i>Ligustrum</i>	Kurtbağrı
<i>Malus floribunda</i>	Süs Elması
<i>Melia azedarach</i>	Tesbih Ağacı
<i>Paulownia</i>	Pavlonya
<i>Pinus</i>	Çam
<i>Platanus</i>	Çınar
<i>Pyracantha coccinea</i>	Ateş Dikeni
<i>Pyrus</i>	Süs Armutları
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Akasya
<i>Sophora japonica</i>	Sofora
<i>Taxus</i>	Porsuk
<i>Tilia tomentosa</i>	Ihlamur

2. SONUÇ

Ulaşım sektörünün hava kirlilik oranının her geçen gün arttığı ve büyük bir tehde dönüştüğünü belirleyen çalışmalar bu derleme çalışmasının yapılma nedenini oluşturmaktadır. Önlem alınmadığı sürece sağlığımız için büyük bir risk oluşturacak hava kirliliğinin meydana gelmesinde oransal değeri büyük

olan karayolları çalışılması gereken önemli alanlardandır. Çalışmanın amacı, ulaşım sektörünün hava kirletici etkisinin bitkiler yardımıyla azaltılabileceğine dikkat çekmektir. Karayolu peyzaj planlamasında, bitki seçimi yapılırken bitkilerin hava temizleme özelliklerinin yüksek olan bitkilerden seçilmesi, ulaşım sektöründen kaynaklı hava kirliliğini önlemede önemli ölçüde etki sağlayacaktır. Hava kirliliğinin önlenmesinde etkili olan bitki türlerini belirleyecek çalışma sayılarının artırılması ve bu bitkilerin kullanımının artırılması geleceğimiz ve çevremiz açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aktaş, M.A., Özdemir, H., Çeker, A.O., Özcan, H.K., Demir, G. (2021). Yol Kenarlarındaki Ağaçların Trafik Kaynaklı Karbon Aerosolleri Üzerindeki Etkisi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 27, S. 479-488, Kasım 2021.
- Altınçekiç, S., Altınçekiç, H. (1999). Karayolları Peyzaj Düzenleme Çalışmalarında Bitkilendirme Esasları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 49, Sayı 1-2-3-4, 99-104.
- Anonim (1981). Türkiye Çevre Sorunları Vakfı; *Türkiye'nin Çevre Sorunları*, Ankara: 1981.
- Aslanboğa İ. (1986). Kentlerde Yol Ağaçlaması, TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü Yayını, Ankara.
- Atay, İ. (1990). Şehir içi ağaçların tekniğine uygun bakımı ve budanması. Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı Yayınları, No:2, İstanbul. Ss:1-12.
- Ay, E. A. (2012). Havaalanı Kent Bağlantılarında Karayolu Peyzaj Düzenlemesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İstanbul 139 s.
- Aydemir, M. (2022). Kara ve Demiryolları Ağaçlandırılmasında Sürdürülebilirlik Açısından Alıç'ın (*Crataegus spp.*) Kullanılması. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (Gbad). Cilt/Volume : 11 Sayı/Number: 3 Yıl/Year: 2022 Sayfa/Pages: 1-12.
- Aydın, M. (2017). Gümüşhane İlinde Ağır Metal Kirliliği Tespiti İçin Sariçam (*Pinus Sylvestris L.*) Bitkisinin Biyomonitör Olarak Kullanılması. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Batur, İ., Bayram, İ, S., Koç, M. (2019). Impact Assessment of Supply-Side and Demand-Side Policies on Energy Consumption and CO2 Emissions from Urban Passenger Transportation: The Case of Istanbul, Journal of Cleaner Production, 219, 391-410.
- Bıyık, Y., Civelekoğlu, G. (2018). Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research. 157-166 s.
- Bıyık, Y., Civelekoğlu, G. (2020). Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. Bilge International Journal of Science and Technology Research. Volume: 4, Issue: 2, 78-87.
- Bınark, H. (1969). Motor Egzos Gazları ile Havanın Kirlenmesi, Şehircilik Enstitüsü Dergisi 1, 1969, ss: 31-34.
- Çakır, Ç., Yalçın, M., Özkan, Ö., Özdemir, L.B., Dölek, E. (2013). Ulaşım Sektöründe Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulamaları. Uluslararası ÇED Kongresi 08-10 Kasım 2013. Bildiri Kitabı 341-349.
- Çelikyay, S. (2017). Developments on urban landscape art in some cities of Turkey. researches on science and art in 21 st century Turkey. Volume 1. Gece Kitaplığı, Ankara. (Editors: Prof. Hasan Arapgirlioğlu, Assist.

- Prof. Atilla Atik, Prof. Robert I. Elliott, Assoc. Prof. Edward Turgeon). Chapter 128. ss: 1140-1149.
- Çetin B., Barış S. ve Saroğlu S. (2011). Türkiye’de karayollarının gelişimine tarihsel bir bakış. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt: 1, Sayı: 1, ss. 123-150, Güz 2011.
- Dağıstanlıoğlu C. ve Önder S. (2009). Isparta-Eğirdir Karayolunun Peyzaj Planlama İlkeleri Açısından İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, s: 154-166.
- Demirekler, Y. (1978). Hava Kirliliği Sorunu Açısından Toplu Taşınmanın Önemi, Ankara Belediyesi-EGO, Toplutaşım Kongresi Tebliği (Ankara: 11-14 Aralık 1978).
- Ekici, B. (2010). Bartın kenti ve yakın çevresinde yetişen bazı doğal bitkilerin kentsel mekânlarda kullanım olanakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2010, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 110-126.
- Elker, C. (1978). Kentsel Ulaşım Sistemlerinin özellikleri: Bir Karşılaştırma. Ankara Belediyesi EGO Toplutaşım Kongresi Tebliği (Ankara 11-14 Aralık~ 1978).
- Ertin D. G., Meral M. V. ve Zülfikar C. (2011). Yaya ve Taşıt Trafiği Açısından Bitkisel Tasarım; Edirne Örneği, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı. Çanakkale, 4-7 Ekim 2011, ss. 54-55.
- Gül, A., Küçük V. (2001). Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi
- Harris, R.W., Clark, J. R., Nelda, P.M. (2004). Arboriculture. integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. Fourth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, ISBN: 0 - 13 - 08882 - 6, 580 p.
- Hoşkara, E., Sey, Y. (2008). Ülkesel koşullar bağlamında sürdürülebilir yapıım. İtüdergisi/a Mimarlık, Planlama, Tasarım. Cilt 7, Sayı 1 (2008).
- IEA (2012). CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights, <http://www.iea.org/CO2highlights/CO2_highlights.pdf>, 08.11.2013.
- IEA, World energy Outlook. (2019). www.iea.org. (Erişim Tarihi: 20 Mart 2024).
- Iram., R., Zhang.,J., Erdogan., S., Abbas., Q., Mohsin. M. (2020). Economics of energy and environmental efficiency: evidence from OECD countries. Environmental Science and Pollution Research (2020) 27:3858–3870.
- Kaplan, H. (1991). Kentsel Ulaşım Planlaması, Terimler-Sistemler-Planlama Türleri Araştırma-Modelleme, Yayınlanmamış Ders Notu. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, 434 s.

- Kardeşoğlu, E., Yalçın, M., Işılak, Z. Hava Kirliliği ve Kardiyovasküler Sistem. (2011). *TAF Prev Med Bull* 2011; 10(1): 97-106.
- Kırbaş, İ., Kocakulak, T. (2022). Burdur İli Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *DEUFMD*, 24(70), 317-327.
- Kuchelmeister, G. (2000). Des arbres pour millénaire urbain: Le point sur le foresterie urbaine. *Arbres hors forêts. Unasyuva*, vol. 51, no: 200, pp. 49 - 55.
- Küçük, V. (2010). Isparta Kentiçi Yol Ağaçları Yönetim Planı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. 176 s.
- Mohsin, M., Rasheed, A.K., Sun, H., Zhang, J., Iram, R., Iqbal, N., Abbas, Q. (2019). Developing Low Carbon Economies: An Aggregated Composite Index Based On Carbon Emissions. *Sustain Energy Technol Assess* 35:365–374.
- Monzon, A. ve Wang, Y. (2019). *Toward Sustainable and Low Carbon Road Transportation: Policies, Tools, and Planning Methods*, Madrid, Spain.
- Pekin, M. (1982.) Çevre Sorunları ve Kentiçi Ulaşımında Trafik Kirliliği, *Kentiçi Ulaşım Paneli Tebliği* (İstanbul: 17 Şubat 1982).
- Rossano, Jr., A. T. (1969). Sources of Air Pollution" *Air Pollution Control* {ed: A.T. Rossano, Jr.) New York: McGraw-Hill Book Company, 1969, s8: 7-24 (Chapter 2).
- Russel, T., Culter, C. (2008). *L'Encyclopédie Mondiale des Arbres. Une Guide Superbement Illustré sur les Arbres du Monde*. Hachette Pratique. ISBN: 978 – 2 – 0123 – 5899 – 7, Paris, 256 p.
- Sağlık, A., Erduran, F., Sağlık, E. (2012). Bitkisel Tasarımın Karayolu Trafik Güvenliğinde Önemi: Çanakkale Örneği. 3. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 16-18 Mayıs 2012, ss.77-90.
- Soydan, S. (1978). Hava Kirliliğinin canlılara Etkileri ve Bazı önlemler. *Yönetim*, Sayı:8 (1978), ss: 57-65.
- Tenik E. (1994). Karayollarının bitkilendirilmesi (Eski) İzmir-Aydın Karayolu İzmir-Aydın Otoyolu proje ve uygulamalarının karşılaştırılması üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 162 s.
- Tunay, M., Yılmaz, B., Ateşoğlu, A. (2008). Bartın-Amasra Karayolu güzergâhının doğal peyzaj özellikleri üzerindeki etkilerinin saptanması. *Ekoloji Dergisi*. 17, 66, 23-30.
- TÜİK. (2021). Sera gazı emisyonları ve sektörlere göre sera gazı emisyonları. TÜİK Çevre İstatistikleri Veri Tabanı. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-İstatistikleri-1990-2021-49672> (Erişim: 18.03.2024).
- Türkeş., M. (2006). Küresel İklimin Geleceği ve Kyoto Protokolü. *Jeopolitik* 29: 99-107.
- UNEP-IETC. (2002). Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: A discussion document. *Boutek report No Bou/E0204*, ISBN

0-7988-5540-1, WSSD edition, published by the CSIR Building and Construction Technology, Pretoria, South Africa.

- URL 1. (2021). <https://www.iklimhaber.org/dunyadaki-her-bes-olumden-birinde-fosil-yakit-kaynakli-hava-kirliliginin-parmagi-var/> (Erişim
- Yurt, T. D. (2009). Ankara-İstanbul otoyolu bitkilendirme çalışmalarının irdelenmesi, Akıncı Gişeleri Çeltikçi Kavşağı örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 104 s.
- Yücel, M., Söğüt Z., Çolakkadıoğlu, D. (2014). Adana’da Kent İçinden Geçen Otoyolun Çevreye Etkilerinin Belirlenmesi ve Azaltıcı Önlemlerin Araştırılması ile İlgili TÜBİTAK Projesi. 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM), 24-26 October, Bildiriler Kitabı, Vol:I pp:589-598, Adıyaman.

BÖLÜM 9

YOZGAT İLİNDE KIRSAL TURİZM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi | Tuba ALBAYRAK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285973>

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: tuba.albayrak@bozok.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3745-8352

GİRİŞ

Dünyada son yıllarda yaşanan ekonomik, sosyal ve teknolojik gelişmeler birçok sektörde olduğu gibi turizm sektöründe de müşterilerin talep ve beklentilerinin değişmesinde etkili olmuştur. Kent yaşamındaki stres, sanayi alanlarının doğal çevreyi tahrip etmesi ve fiziksel çevredeki bozulmalar insanları daha huzurlu ve doğal ortamlara yönlendirmiştir. Turistlerin şehir yaşamından uzak ve doğal alan arayışına girmesine bağlı olarak turizm firmaları müşterilerine daha iyi hizmet vermek ve mutlu zaman geçirmelerini sağlamak adına yeni alanlar oluşturma ve turizm çeşitleri geliştirme çalışmalarına başlamıştır. Turizm firmalarının bu çabaları ve insanların istekleri sonucunda kırsal turizm, eko turizm, doğa turizmi, sağlık turizmi, inanç turizmi gibi turizm kavramları ortaya çıkmıştır. Son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede doğayı, kültürel ve tarihi varlıkları korumaya yönelik çok sayıda faaliyet gerçekleştirilmiştir. Bunu faaliyetler neticesine doğaya ve kültürel değerlere sahip çıkan, saygı duyan bilinçli tüketici sayısında artış yaşanmış ve doğa turizmi, eko turizm ve kırsal turizm gibi turizm çeşitleri gelişmiştir. Gelişmiş birçok ülkede ekonomik, sosyo-kültürel kalkınma için sanayinin tek başına yeterli olmadığı turizm, eğitim ve sağlık gibi alternatif sektörlerinde kalkınma içerisinde yer alması gerektiğini vurgulanmıştır. Turizm sektörü gelir getirici bir sektör olduğundan bölgesel kalkınmada önemli bir yere sahiptir. Türkiye, iklimi, tarihi, konumu, kültürü ve diğer birçok zenginliğinden dolayı dünyanın önde gelen turizm ülkelerinden biri konumundadır. Türkiye'nin turizm sektöründe öncü konumda olan diğer ülkelerle rekabet edebilmesi için mevcut bulunan kıyı (deniz) turizmini geliştirmesi ve alternatif turizm faaliyetlerine yönelmesi gerekmektedir. Bu nedenle, dört mevsimin yaşandığı ülkemizde kış turizmi, doğa turizmi, sağlık turizmi, kırsal turizm gibi turizm çeşitleri için potansiyel alanların belirlenmesi, öneri ve projelerin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Hizmet sektörü içinde yer alan ve günümüz rekabet koşullarında ekonomiye önemli ölçüde katkı sağlayan turizm, emek yoğun bir üretim sürecine dayanması bakımından istihdam açısından önemli bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Alternatif turizm alanlarının oluşturulması ve turizm çeşitliliğindeki gelişmeler istihdam artışına ve ekonomik kalkınmaya pozitif etki yapmaktadır. Kırsal alanı turizme açmak ve nüfusun bir kısmını tarım ile

birlikte turizm alanında istihdam etmek kalkınma politikalarının içerisinde yer alması gereken hedeflerdendir (Kesici, 2012). Bu açıdan değerlendirildiğinde; kırsal alanlardaki yaşam kalitesinin artırılması, bu kalitenin korunması ve kırsal ekonomiye katkı sağlaması bakımından kırsal turizm için geliştirilen stratejilerin önemli olduğu belirtilmektedir. (Haider vd., 2014). Bu çalışmanın amacı, Yozgat ili kırsal turizmi SWOT analizini yaparak, Yozgat ilindeki kırsal turizm potansiyelinin geliştirilmesi için önerilerde bulunmaktır. Çalışmanın birinci kısmında kırsal turizm kavramına yer verilmiştir. İkinci kısımda, Yozgat'ta kırsal turizm ve potansiyel kırsal turizm alanlarına yer verilmiştir. Üçüncü kısımda Yozgat'ın kırsal turizm potansiyelinin SWOT analizi ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma genel bir değerlendirilmenin yapıldığı dördüncü ve son bölüm olan sonuç ve öneriler bölümüyle tamamlanmıştır.

Kırsal turizm kavramı, insanların sürekli yaşadıkları alanlar dışındaki kırsal yörelere yaptıkları ziyaretler olarak tanımlanabilmektedir (Kesici, 2012). Kırsal turizm, hem kırsal alanlarla iç içe olan hem de doğal kaynaklara dayalı bir turizm türüdür ve diğer turizm çeşitleriyle kolayca entegre olabilmektedir (Soykan, 2003). Kırsal alanlar kısa süreli olarak ziyaret edilmekte, yılın çeşitli zamanlarında ve genel olarak birçok mevsimde ziyaret edilebilmektedir (Barke, 2004).

Kırsal turizm, kuş gözlemciliği, çiftlik turizmi, macera turizmi, yayla turizmi gibi turizm çeşitlerini bünyesinde barındıran, değişen turizm anlayışına, turist profiline ve çevre bilincine bağlı olarak gelişen bir turizm çeşididir (Gülbahar, 2009). Akademik literatürde kırsal turizm, kırsal alanların kırsal yaşamını, sanatını, kültürünü, doğasını sergileyen bir turizm biçimi olarak algılanmaktadır (Haider vd., 2014).

Kırsal turizmin önemi; Turizmin yıl içindeki dağılımı coğrafi koşullar, turistik talep, turizm politikaları ve turizm türleri gibi birçok faktörden etkilenebilir. Turizmin belirli dönemlerde yoğunluk göstermesi çevresel ve sosyo-kültürel pek çok soruna yol açabilmektedir. Ayrıca bu tür sorunların olduğu bölgelere yönelik talebin azalması da bölgelerin ekonomik kayıplara uğramasına yol açmaktadır. Kırsal turizm ise günümüzde şehirlerin kalabalığından ve gürültüsünden kurtularak, doğa ve geleneksel yaşam biçimleri ile iç içe olmak isteyenlerin katıldığı bir turizm türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle belirli bir mevsimsel özelliği

bulunmamaktadır. Birçok aktiviteyi içerisinde bulunduran kırsal turizm her mevsime uygun turistik ürünler sunabilmektedir ve bu yönüyle diğer turizm türlerinden ayrılmaktadır. Kırsal turizm, istihdam ve yeni yatırımlar yoluyla kırsal alandaki ekonomiye de birçok katkıda bulunmaktadır. Kırsal alanlarda üretilen yerel ürünlerin tanıtımını ve kullanımını da teşvik etmektedir (Mercan & Pak 2014). Kırsal turizmin temeli doğal güzelliklere, kültürel öğelere ve tarihi değerlere dayanmaktadır. Bu nedenle turizmde yaşanan gelişmeler bölge halkının çevresel konularda bilinçlenmesine neden olabilir. Böylece kırsal turizm, kaynakları sürdürülebilirliğinin sağlanmasına, doğal ve kültürel öğelerin korunmasına yardımcı olabilir (Kuter ve Ünal 2013). Kırsal Turizm Özellikleri; kırsal turizmin Türkiye turizmi için önemini ve kırsal turizmin özelliklerini aşağıdaki başlıklar ile sıralamak mümkündür (Soykan, 2003; Kesici, 2012; Ersoy vd., 2017).

Kırsal turizm, her mevsim yapılabilen bir turizm türüdür.

Kırsal turizm, turizmin coğrafi dağılışında denge unsurudur.

Kırsal turizm birçok turizm türüne entegre olabilir.

Kırsal turizmde rekreasyonel etkinlikler çok çeşitli ve özgündür.

Kırsal turizmin turist profili farklıdır.

Kırsal turizm, doğal çevrenin ve kültürel mirasın korunmasında katkıda bulunur.

Kırsal turizm, sürdürülebilir turizm anlayışına hizmet eder.

Kırsal turizm bir ülkenin tanıtımında önemli bir araçtır.

Kırsal turizm çevreye, insana ve doğal yaşama dayalı bir turizm türüdür.

Kırsal turizmde özgünlük (otantik) ve yöresellik ön plana çıkmaktadır.

Kırsal turizm yerel halkla birlikte bütünleşip gelişmiştir.

Kırsal turizm köy yaşantısıyla iç içe olan tarımsal ve hayvansal ürün çeşitliliğini koruyan bir turizm çeşididir.

Kırsal turizmde ekonomik, çevresel, sosyal ve kültürel amaçlar güdülmektedir.

Kırsal turizm yerel halka dönük istihdam olanaklarını geliştirmeyi öngörmektedir.

Kırsal turizmle birlikte oluşabilecek olumsuz etkilerin minimuma indirgenmesi için kırsal turizm aktivitelerinin çevreye ve kırsal alanlara zarar vermeyecek şekilde düzenlenmesi büyük önem arz etmektedir.

1. KIRSAL TURİZM ÇEŞİTLERİ

Yozgat'ta yapılabilecek kırsal turizm çeşitleri ve çekicilikleri sırasıyla aşağıda verilmiştir. (URL 13, 2016).

Çiftlik Turizmi: Bu turizm türü, doğrudan tarım ve hayvancılık yapılan çiftlikleri akla getiriyorsa da, bugün çiftlik turizmi denildiğinde sayısız uygulama ile karşılaşmaktadır. Çiftlik Turizmi çoğunlukla, kırsal bölgelerde çevresine çiftlik ürünü sağlayan bir işletmede turiste konaklama ve yeme-içme hizmetinin verilmesi, geleneksel günlük yaşantının olduğu gibi sergilenmesi ve günlük çalışma programının (süt sağma, hayvan besleme, tarımsal işletme vb.) içine turistin dahil edilmesiyle gerçekleşmektedir.

Tarım Turizmi: Seyahat nedeni tarımsal ürünlerin oluşturduğu, bu nedenle köylerde ve çiftliklerde konaklamayla gerçekleşen bir turizm türüdür. Son yıllarda ekolojik yaşam bileşenlerine (temiz hava, organik tarım ürünleri, doğal şifalı bitkiler, sağlıklı mutfak, spor vb.) artan ilgi, tarımsal turizme olan ilgiyi de arttırmıştır. Bu kapsamda; yerel köylü pazarları ve yol kenarı satış sergilerinden alışveriş, bir çiftlikte traktör, at arabası veya ata binme, tarım ve hayvancılık etkinliklerini izleme veya bizzat içinde yer alma (tarımsal yasama katılma), tarım fuarlarına katılma, tarımsal müzeleri ziyaret, kırlarda avlanma ve balık tutma, yöresel yemek yapan restoranlara gidilerek yapılan aktiviteler, özellikle kent insanının, çocuklu ailelerin hafta sonları için tercih ettiği bir turizm şeklidir.

Köy Turizmi: Köylerin sahip oldukları doğal güzellikleri görmek için ve yerel kültürü tanımak için insanların devamlı ikamet ettikleri yerler dışındaki kırsal yörelere ziyaretleri, buralarda yöre halkının ürettikleri mal ve hizmetleri, yörenin doğal dokusunda uygun mekanlarda talep ederek, geçici konaklamalarından doğan olaylar ve ilişkilerin bütünüdür.

Yayla Turizmi: Yayla Turizmi, doğayla iç içe yaşamayı sevenler veya macera tutkunlarının genellikle gününbirlik kullanım veya kısa süreli konaklama amacıyla yüksek rakımlı yerlerde yaptıkları turizm faaliyetidir. Ülkemizde yayla odaklı turizm gelişimi yerine yaylaların; diğer turizm çeşitlerini destekleyici unsur olarak değerlendirdiği, kalış süresinin uzatılması

nedeniyle, Yayla Turizmi Gelişme /Eylem Bölgelerinin belirlendiği, planlama stratejisi bakanlık tarafından benimsenmektedir.

Doğa Turizmi: Çevreyi koruyan ve yerel halkın refahını gözetten, doğal alanlara karşı duyarlı yürüyüş, kamping, foto safari ve bisiklete binme gibi faaliyetleri kapsayan turizm türüdür.

Dağcılık Turizmi: Farklı yüksekliklerde, zengin jeomorfolojik ve tektonik yapıya sahip flora ve faunası olan ormanları barındıran zengin av yaban hayatı olan dağlar hem kış turizmi hem de dağ yürüyüşü ve tırmanışları için doğacılık sporunu sevenlere olağanüstü çekici ve ilginç olanaklar sunan turizm çeşididir.

Kırsalda Su Etkinlikleri Turizmi: Kırsal alanda bulunan nehir veya göl üzerinde bireysel ve grup olarak rafting, sportif olta balıkçılığı, yüzme, tekne gezintileri, kuş gözlemciliği gibi etkinliklerde bulunarak yapılan turizm çeşididir.

Mağara Turizmi: Sahip oldukları doğal, morfolojik ve kültürel değerlerinden dolayı çekiciliği olan mağaralarda gerçekleştirilen yürüyüş, foto safari, mağara gözlem gibi etkinlikleri içine alan bir turizm türüdür.

2. YOZGAT POTANSİYEL TURİZM ÇEŞİTLERİ

Termal sağlık turizmi, doğa ve spor turizmi, mağara turizmi, çiftlik turizmi, köy turizmi, tarım turizmi, kırsal su etkinlikleri turizmi bulunmaktadır. Kırsal turizm ile ilgili yurtiçi ve yurtdışında yayınlanan konuyla ilgili yakınlık gösteren bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir. Literatürde SWOT analizinin kullanıldığı çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür (Paliwal, 2006; Ommani, 2011; Arıöz ve Yıldırım, 2012; Doğan ve Sözbilen, 2014; Özan vd., 2015; Doğan ve Ersoy, 2017). Literatürde turizm alanında SWOT analizi kullanılarak yapılmış birçok çalışmaya rastlamak mümkündür (Akça, 2005; Sandıkçı ve Özgen 2013; Polat, Özdemir ve Özdemir, 2014; Birdir, Karakan ve Çolak, 2015; Akbulak, 2016; Ongun, Gövdere ve Çiçek, 2016; Mansuroğlu ve Dağ, 2016; Acar, Avcı ve Erat, 2017). Soykan (2003) “Kırsal Turizm ve Türkiye Turizmi İçin Önemi” başlıklı çalışmasında; Türkiye turizminin gelişmesinde kırsal turizmin önemi ve etkilerini incelenmiştir. Akbulak (2016) “Ardahan İlinde Kırsal Turizm Potansiyelinin

Sayısallaştırılmış SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmasında; öncelikli olarak Ardahan ilinin kırsal turizm potansiyelini ortaya koyarak, kırsal turizm potansiyelinin daha iyi değerlendirilebilmesi için stratejiler geliştirip, öneriler sunmuştur. Çalışma kapsamında, Ardahan ilinin kırsal turizm potansiyelinin değerlendirilebilmesi yapılmıştır. Ongun vd. (2016) tarafından yapılan “Yeşilovanın Kırsal Turizm Potansiyelinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi” başlıklı araştırmada; Yeşilova ilçesinin kırsal turizm açısından zayıf ve güçlü olan yönlerini belirleyerek, yine aynı konu üzerinde karşı karşıya olduğu tehdit ve fırsatları da ortaya konulmuştur. Çetin vd. (2017) tarafından yapılan “Kırsal Alanlarda Sürdürülebilir Kırsal Turizm ve Kocaeli-Kandıra Kırsal Turizm Gelişimi Modeli” başlıklı çalışmada; kırsal alanlarda istenilen düzeyde bir kalkınmanın sağlanabilmesi için turizmin kullanılabileceğini, kırsal turizm özellikle sosyo-ekonomik olarak gelişmemiş ya da gelişmekte olan ve kalkınmada sorun yaşayan alanlarda fırsat sunabileceğini; toplumların sosyolojik, ekonomik ve kültürel yapı dinamiklerinin değişmesi nedeniyle turizm faaliyetlerinin de kıyı turizmi gibi geleneksellikten uzaklaştığını öne sürmüştür. Akyürek vd. (2018) tarafından yapılan “Gümüşhane İlinin Kırsal Turizm Potansiyeli ve Yerel Halkın Kırsal Turizm Hakkındaki Görüşleri (Zigana Köyü Örneği)” başlıklı çalışmada; köyde yaşayan halkın kırsal turizme ilişkin görüşlerini ortaya koyarak, köyün kırsal turizm potansiyeli araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma makro boyutta olup temelinde geniş literatür araştırması oluşturmaktadır. Öncelikle yayınlanmış/yayınlanmamış yazılı kaynaklardan ve belgelerden geniş bir kaynak taraması yapılmış, ayrıca internetten konuya ilişkin çalışmalar yapan kurum ve kuruluşların sitelerinde yayınlanan çalışmalarından yararlanılmıştır. İkincil veri kaynakları olarak literatürde yer alan makaleler, bildiriler, tezler, dergiler incelenmiştir. Aynı zamanda araştırmada, nitel araştırmalarda kullanılan görüşme tekniklerinden röportaj ile de veriler elde edilmiştir. Yozgat TKDK İl Koordinatörlüğü ile yüz yüze gerçekleştirilen röportajda yarı yapılandırılmış açık uçlu sorular kullanılmıştır. Yozgat’ta kırsal turizmin değerlendirilmesi için Türkiye Turizm Stratejisi 2023 (2007), Yozgat Turizm ve Sosyal Altyapı Sektörel Çalışma Grubu Raporu (2011) ve Yozgat İli İmalat Sanayi Raporu (2013) gibi yayınlar

öncelikli olmak üzere konuyla ilgili literatürün taranmasına ek olarak yapılan araştırmalar ve kırsal alanlardaki yetkili ve ilgililerle yapılan görüşmeler sonucunda birtakım veriler elde edilmiştir. Araştırmanın son bölümünde ise Yozgat İli Kırsal Turizm SWOT Analizi yapılarak; Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler olmak üzere dört ana başlık altında incelenmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışma makro boyutta olup temelinde geniş literatür araştırması oluşturmaktadır. Öncelikle yayınlanmış/yayınlanmamış yazılı kaynaklardan ve belgelerden geniş bir kaynak taraması yapılmış, ayrıca internette konuya ilişkin çalışmalar yapan kurum ve kuruluşların sitelerinde yayınlanan çalışmalarından yararlanılmıştır. İkincil veri kaynakları olarak literatürde yer alan makaleler, bildirimler, tezler, dergiler incelenmiştir. Bunun yanında araştırmada, nitel araştırmalarda kullanılan görüşme tekniklerinden röportaj ile de veriler elde edilmiştir. Yozgat TKDK İl Koordinatörlüğü ile yüz yüze gerçekleştirilen röportajda yarı yapılandırılmış açık uçlu sorular kullanılmıştır. Yozgat TKDK İl Koordinatörlüğünde Yönetim Birim Amiri ile yapılan Röportaj kısaca özetlenmek istenirse, TKDK yapılanmasını ve çiftçilere olan desteklerden bahsedildiğinde, Tarım ve hayvancılık başta olmak üzere kırsalda 16 sektördeki yatırımlara %50-%70 arasında hibe verilmektedir. Bu Sektörler; Süt, kırmızı et ve kanatlı yatırımları, et-süt işleme ve pazarlama yatırımları meyve-sebze depolama ve paketlenme, su ürünleri, arıcılık, tıbbi-aromatik bitkiler, seracılık, yerel ürünler, zanaatkarlık, kırsal turizm, yenilebilir enerji sektörleridir. IPARD hibelerinde kadın ve gençlere pozitif ayrımcılık yapıyoruz. Kadın yatırımcılara sıralamada ilave puan vererek projelerini ön plana çıkartıyoruz. 40 yaş altı genç yatırımcılara hayvancılık tedbirinde ilave %5 hibe sağlıyoruz. Yozgat 42 il içinde en fazla hibe ödediğimiz 10. İldir. Yozgat'ta toplam 882 projeye 588,10 Milyon TL hibe sağlandı. Bu hibenin 469,50 Milyon TL'si ödendi, 118,60 Milyon TL'yi ödeyeceğiz. Bu hibeler sayesinde 1120,40 Milyon TL yatırım yapıldı.

Yozgat iline; 110 süt üretim tesisi, 55 besi çiftliği, 3 kanatlı et üretim tesisi, 2 süt işleme tesisi, 7 süt toplama merkezi, 5 kırmızı et işleme tesisi, 1 kanatlı et işleme tesisi, 2 su ürünleri işleme tesisi, 2 meyve-sebze işleme, soğuk hava deposu, 542 bitkisel üretim, işleme ve pazarlama projesi, 46

arıcılık projesi, 21 zanaatkârlık ve katma değerli ürünler projesi, 22 kırsal turizm tesisi, 2 su ürünleri üretim tesisi, 11 makine parkı, 50 yenilenebilir enerji tesisi, kazandırılmıştır.

Diğer önemli konu ise Yozgat'ta TKDK'nın desteklediği projelerden ne kadarı kırsal turizm alanında kullanılmakta olduğudur. Projelerin büyük bölümü aslında ahır, besi, tarım arazileri yönünde olmaktadır. Genelde Sarıkaya, Sorgun, Boğazlıyan, Saraykent ilçelerinde Kırsal turizm alanında otel, pansiyon veya 20-25 odalı apartların kurulmasında desteklediğimiz projeler olmaktadır. Kırsal Turizm ve rekreasyon faaliyetleri alanında Yozgat ilinde 2022 yılında toplam 22 proje başvurusu başarılı bir şekilde sonuçlanarak 1610 Milyon TL hibe ödenmiştir bu projelerin toplam yatırım miktarı 5965 Milyon TL değerindedir.

Kırsal turizm ile ilgili projelerde başvuru sahiplerini bilgilendirmek amacıyla çağrı dönemlerinde sosyal medyayı aktif olarak kullanılmaktadır ayrıca TKDK Yozgat Merkezin de ve ilçelerinde “çiftçi bilgilendirme toplantıları” yapmaktadır. Yozgat ili potansiyel kırsal turizm alanları stratejik konumdan değerlendirildiğinde; Ankara'ya, Kayseri'ye ve Sivas'a oldukça yakındır. Samsun gibi deniz turizmi açısından önemli bir şehre ise yaklaşık 280 km uzaklıktadır. Hitit medeniyetinin önemli kalıntılarında olan Alacahöyük, Hattuşaş, Boğazkale ve diğer yerleşim alanlarına oldukça yakındır. İç Anadolu bölgesinde yer alan ilde 13 adet ilçe bulunmaktadır. Ayrıca şehir Bozok diyarı olarak bilinmektedir. 2023 yılında nüfusu 420.699 olan şehir Türkiye'de en çok göç veren iller arasında yer almaktadır. Sanayi açısından fazla yatırım olmayan Yozgat ili bu dezavantajını temiz doğasını ve kültürel değerlerini kullanarak avantaja çevirebilir. Bunun için ise kırsal alanlarda yapılacak turizm yatırımlarının etkili olacağı düşünülmektedir (Ersoy vd., 2017).

4.1. Yozgat'ın Potansiyel Kırsal Turizm Alanları

4.1.1. Yozgat- Merkez

Yozgat E 88 karayolu üzerinde bulunması ve özellikle Hattuşaş (Hitit Medeniyeti Başkenti)'a yakın olması ve Hattuşaş ile Kapadokya'yı birbirine bağlayan Atatürk yolunun il merkezinden geçmesi nedeniyle yabancıların uğrak yeridir. Bozok yaylası olarak da adlandırılan ve ilkçağlardan beri yerleşim yeri olan Yozgat, bozulmamış doğası, misafirperver ve sıcakkanlı

insanları, sahip olduğu tabiat güzellikleri, mesire yerleri, yüksek ovaları, tarihi, kültürel, turistik değerleri ve kaphıcalarıyla gezilip görülmesi gereken en güzel illerimizden biridir.



Şekil 1: Yozgat-Merkez, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

Yozgat – Çamlık

Yozgat'ın en tanınmış ormanı Yozgat Çamlığı'dır. Milli Park olup devlet tarafından korunmaktadır. Türkiye'nin ilk milli parkıdır. Bugün 800 hektarlık bir alana yayılan Yozgat Çamlığı Millî Parkında, en önemli tür karaçamdır. İçerisinde bulunan çam çeşidinin bir benzerinin sadece Kafkaslarda olduğu bilim adamlarınca tespit edilmiştir.

Çapanoğlu Camii

Çapanoğlu Camii şehrin merkezî bir yerinde, Cumhuriyet Meydanı yakınında İstanbulluoğlu mahallesindedir. Halk arasında Büyük Cami veya Ulucami diye anılan yapı, Osmanlı İmparatorluğu Döneminde Avrupa etkisinde ortaya çıkan Türk mimari tarzının Anadolu'daki önemli örneklerinden biridir.

Yozgat Saat Kulesi

Yozgat Saat Kulesi Tevfik Zade Ahmet Bey'in belediye başkanlığı zamanında Şakir Usta adındaki bir ustaya yaptırılmıştır. Yozgat şehir merkezindeki bu heybetli ve asırlık kule zemin kat ve çanların bulunduğu kısımlarla birlikte yedi kattır. Sarı köfedeki kesme taşlarla inşa edilmiştir. Çanların bulunduğu kattan itibaren üstteki ilk kattaki her cepheye ayrı yerleştirilmiş dört saat bulunmaktadır. Her saat başında çalan çanlar şehrin her tarafından duyulacak şekildedir. Saatlerin dört ayar topuzunun 250 kilogram olduğu söylenmektedir. Kuledeki saatler kule ile aynı yaşıdır.

Miralay Şerif Bey Konağı

Sakarya İlkokulu (Miralay Şerif Bey Konağı) Geç Osmanlı Döneminin eserlerinden olması, eskiliği, mimari yapısı ve Atatürk'ün anılarıyla bezeli oluşu nedenleriyle Gayri Menkul Eski Eserler Yüksek Kurulu Başkanlığı tarafından 1979 yılında korunması gerekli kültür varlığı olarak ilan edilmiştir. 1890'lı yıllarda Yozgat'ta alay komutanı olarak görev yapan Miralay Şerif Bey tarafından yaptırılmıştır.

4.1.2 Akdağmadeni

Akdağmadeni bölgesinde gününbirlik yeme- içme ve gezme amaçlı faaliyetlere ek olarak yaz aylarında yurt dışında yaşayan gurbetçilerin gelişiyile birlikte köylerde ve yaylalarda hareketlilik görülmektedir. Akdağmadeni ilçesinin Sivas-Yozgat karayoluna yakın olmasından dolayı yol kenarlarında bulunan tesisler günlük ortalama 10-15 bin taşıtlık trafik yoğunluğu ile önemli bir turizm potansiyeli oluşturmaktadır. Bu karayolu üzerindeki tesislerde mola veren otobüsler ve özel araçlarla gelen yılda 15000-20000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir.



Şekil 2: Akdağmadeni İlçesi, Kaynak: IPARD, programı ile Yozgat'ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi

Akdağmadeni Kilisesi

Akdağmadeni İlçesi Yeşildere (Tahmaz) Mahallesi'nde bulunan kilisenin 1862 tarihinde yapıldığı kitabeden anlaşılmaktadır. Ön cephesi kesme taş, diğer cepheleri kesme mermer taşlardan yapılmış olan kilisenin, ön kısmında yuvarlak kemerli giriş boşluğu bulunmaktadır. Kemerler ortadan iki adet yuvarlak, yanlarda ise iki adet köşeli taşlarla birbirine bağlanmıştır. Giriş kapısı yuvarlak kemer süslemeli ve kapı üzerinde 11, çerçeve altında iki adet Grekçe kitabe mevcuttur.

Kadıncı Yaylası

Akdağmadeni İlçesi'nin kuzeybatısında Akdağ Ormanları içerisinde bulunan Kadıncı Akdağmadeni İlçesine iki kilometre mesafededir. Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün yönetiminde Orman İçi Dinlenme Tesisleri'nin bulunduğu Akdağ Ormanları içerisinde çok geniş bir alana yayılan; çam, meşe ve çeşitli ağaçlardan oluşan zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Akdağ ormanları temiz soğuk suları ve çeşitli av hayvanları barındıran bir bölgedir. Bölge içerisinde turistik tesisler ve Geyik Üretim Çiftliği bulunmaktadır.

4.1.3 Aydıncık

Aydıncık bölgesinde günü-birlik yeme içme ve gezme amaçlı turizm faaliyetleri yapılmaktadır. Büyük şehirlere göç vermiş olan ilçenin yaz aylarında nüfusunda gözle görülür bir artış olmaktadır. Şebek Piknik alanı,

Dereçiftlik Köyü Uzunçayır Yaylası ve diğer yaylalar doğa rekreasyon alanı ve temiz havasıyla birlikte çekicilik özelliklerine sahip olmasına rağmen istenilen ölçüde turist hareketliliği görülmemektedir. Bu yerleşim bölgelerinde doğa ve yayla turizmi alanlarında yapılacak konaklama, günübirlik dinlenme, lokanta, yayla evi ve köy evi gibi uygun yatırım tesisleri sonucunda, yaklaşık 3000 kişilik potansiyel oluşması öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Kazankaya Kanyonu
- Peletli Göl
- Şebekpınarı Piknik Alanı



Şekil 3: Aydıncık İlçesi, Kaynak: IPARD, programı ile Yozgat'ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi

Kazankaya Kanyonu

Kazankaya Kanyonu Kazankaya köyünden başlayıp Çorum'un İncesu köyünde biten kanyonda, mağara, milattan önce 2. yüzyıla ait sur ile Hitit kalıntıları yer almaktadır. Kazankaya kasabasından başlayarak yaklaşık 10 km'lik uzunluğu olan Kazankaya Vadisi, sahip olduğu özellikleriyle doğa turizminin birçok türü için oldukça uygun bir alandır. Dağcılık Turizmi kapsamında: Dağcılık, giysi, kamp donanımı, tırmanış malzemeleri olmak üzere çok sayıda ve farklı nitelikte materyal gerektiren bir aktivite olduğu hepimizce malumdur. Dünyada milyonlarca insanın katıldığı bu etkinlikler dev bir endüstri oluşturur. Dağ turizminin, gerçekleşeceği alandaki yerel ekonomiye katkısının yanı sıra küresel ölçekte böyle bir ekonomik boyutu da olduğu bilinmektedir.



Şekil 4: Kazankaya Kanyonu, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

4.1.4 Boğazlıyan

Boğazlıyan bölgesinde şeker fabrikası ve gıda sektöründe faaliyet gösteren fabrikaların bulunmasından dolayı daha çok günü birlik yeme-içme ve konaklama turizm faaliyetleri bulunmaktadır. Boğazlıyan ilçesi yurt dışında gurbetçisi bulunan önemli ilçelerden bir tanesidir. Bu özelliğinden dolayı yaz aylarında ziyaretçi sayısı artmaktadır.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Bahariye Kaplıcaları
- Yeraltı Şehirleri
- Yazıkışla Tapınağı
- Akköprü

Akköprü

Boğazlıyan'a 30 km, Yozgat'a 60 km mesafede buluna Aşağısarıkaya Köyü'nün aşağı kısmında Yozgat yolu kenarında yer almaktadır. Köprü Aşağısarıkaya Özü üzerinde kurulmuştur. Dere suyu ise çok az akmakta olup köprü adeta yüksek otlar ile örtülmüştür. Ne zaman yapıldığı ile ilgili

herhangi bir bilgi mevcut değildir. Kemer kilit taşlarından yapılan köprü 17 M. uzunluğa sahip olup iki gözlü ve basık yuvarlak kemerlidir. Gözlerin kemer açıklığı ise 4 metre olup oldukça estetik bir görünüme sahiptir.

Yazıkışla Tapınağı

Yazıkışla sınırları içerisinde yer alan tapınak incelendiğinde bölgenin eski bir yerleşim yeri olduğu anlaşılmaktadır. Birinci veya ikinci yüzyıllar arasında yapıldığı tahmin edilen tapınak dikdörtgen planlı, üçgen alnaklı ve geniş saçaklı bir görüntü arz etmektedir. Kesme taşlar ile yapılan bu tapınak bölgeye hakim bir tepe üzerinde yer almaktadır.

Yeraltı Şehri

İlçe merkezine bağlı Özler köyündedir. Yeraltı şehrinin girişini kapatan evlerin 2017 yılında kamulaştırılmasıyla, yeraltı şehrinin girişi açılmıştır. Buranın: MS 300'lü yıllarda yani erken Hıristiyanlık döneminde yapıldığı tahmin edilmektedir. Yapılan incelemede, yeraltı şehrinin 218 metre uzunlukta ve 10 odalı olduğu, içerideki havanın solunabileceği tespit edilmiştir. Kazı çalışmaları sonucu 8 odalık bölümü ve bağlantı tünelleri temizlenmiştir. Bu odalar ve tüneller, yöre köylüleri tarafından ağıl ve depo olarak kullanılıyormuş.

4.1.5 Çandır

Çandır ilçesi yurt dışında gurbetçisi bulunan önemli ilçelerden bir tanesidir. Bu özelliğinden dolayı yaz aylarında ziyaretçi sayısı artmaktadır. Çandır ilçesinde yeme-içme faaliyetleri ve az da olsa tarihi mekânların ziyaret faaliyetleri dışında turizm hareketliliğine rastlanmamaktadır.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Çandır Şahruh Bey Mescidi
- Çandır Kümbedi (Şah Sultan Hatun Türbesi)
- Merkez Camii Eski Minaresi



Şekil 5: Çandır İlçesi, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

Çandır Şahruh Bey Mescidi

Çandır İlçe Merkezinde Boğazlıyan – Çandır yolunun sağında yer almaktadır. Dulkadiroğulları Beyliği'nin son büyük hükümdarı Alauddevle Bozkurd Bey'in (1479-1515) oğlu Şahruh Bey tarafından iki minareli olarak yaptırılmıştır. Şahruh Bey Mescidi'nden geriye sadece batıdaki minaresi kalmıştır. Mescidin yerine ise yeni bir cami yapılmıştır. Minare kare kaideli ve yuvarlak gövdelidir. Minarenin çatı hizasından yükselen kısmı, çok kısa bir gövdeye sahip olup şerefeye kadar olan kısmı tuğladır. Silme şeklindeki taş bilezikle yuvarlak kısa gövdeden iki sıra halinde silmeyle şerife altlığına geçilmektedir. Şerife korkulukları ve pabuçluk, çokgen düzgün kesme taştan örülmüştür. Yapı, diğer Dulkadiroğulları minarelerinde olduğu gibi oldukça kısadır. Minare, çokgen gövdeli petekten sonra, klasik konik külahla son bulmaktadır.

4.1.6 Çayıralan

İlçenin en önemli ekonomik kaynakları kısıtlı olarak yapılan mermer üretimi, daha çok yurt dışında çalışan işçilerin katkıları, yaz aylarında şehir dışında yaşayan hem şehirler ve gurbetçilerin ziyaretleri ile oluşan turizmdir. Çayıralan ilçesinde yeme içme ve yayla alanları ve tarihi alanların ziyareti ile oluşan turizm faaliyetleri dışında kayda değer turizm hareketliliği bulunmamaktadır.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Çayıralan Çerkez Bey Türbesi
- Yahyasaray (Sırıklı) Yaylası
- Çayıralan Ormanları

- Dikilitaş Tümülüsü



Şekil 6: Çayıralan İlçesi, Kaynak: IPARD, programı ile Yozgat'ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi

4.1.7 Çekerek

İlçede yapılan turizm faaliyeti daha çok yurt dışında çalışan işçilerin ve yaz aylarında şehir dışında yaşayan hemşeriler ve gurbetçilerin ziyaretleri ile oluşan turizm ile sınırlı kalmaktadır. Çekerek ilçesinde yeme-içme ve doğal alanlar ve tarihi alanların ziyareti ile oluşan turizm faaliyetleri dışında kayda değer turizm hareketliliği bulunmamaktadır.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Kızlar Kayası
- Süreyya Bey Barajı
- Çekerek Köprüsü
- Çekerek Şehitler Anıtı (Abide)



Şekil 7: Çekerek İlçesi, Kaynak: IPARD, programı ile Yozgat'ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi

4.1.8 Kadışehri

İlçede gerçekleştirilen turizm faaliyeti daha çok yurt dışında çalışan işçilerin ve yaz aylarında şehir dışında yaşayan hemşeriler ve gurbetçilerin ziyaretleri ile oluşan turizm ile sınırlı kalmaktadır. Kadışehri ilçesinde yeme-içme ve doğal alanlar ve tarihi alanların ziyareti ile oluşan turizm faaliyetleri dışında kayda değer turizm hareketliliği bulunmamaktadır.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Akçakale
- Çekereksu Hanı



Şekil 8: Kadışehri İlçesi, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

Çekereksu Hanı

Yozgat Kadışehri yolu üzerinde Kesikköprü Örencik Köylerinin keşiştiği noktada bulunan Çekereksu Hanı Valide Sultan Melike Mahperi Hatun tarafından 1239- 1240 yıllarında yaptırılmıştır. Çekereksu Hanı kuzey güney doğrultusunda uzunlamasına devam eden moloz taş ve kireç harcından yapılmıştır. Kalıntısının üst örtü sistemi beşik tonozludur. Yapı, iki ana birimden oluşmaktadır. Kuzey kısmı daha geniş olup kuzey güney yanlarda ise doğu-batı doğrultusunda taşlarla örtülü mekânlardan oluşmaktadır. Güney kanadında kuzey güney doğrultusunda uzunlamasına tonozlarla örtülmüş üç mekân bulunmaktadır.

4.1.9 Saraykent

İlçede turizm yönünden Romalılardan kalma han ve hamam kalıntıları vardır. Ayrıca Kesikköprü köyünde Sarayönü Han ve Divanlı mahallesinde Divanlı Kayalıkları ve mağaraları turizm açısından ziyaret edilen yerlerdir.

Saraykent ilçesinin Sivas-Yozgat karayolunda bulunmasından dolayı yol kenarlarında bulunan tesisler günlük ortalama 10-15 bin taşıtlık trafik yoğunluğu ile önemli bir turizm potansiyeli oluşturmaktadır. Bu karayolu üzerindeki merkeze yakın tesislerde mola veren otobüsler ve özel araçlarla gelen yılda 10000-15000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Çınçınlı Sultan Hanı (Eski Han)
- Saraykent Yılan Boynu Tepesi
- Saraykent Kaplıcaları

4.1.10 Sarıkaya

İlçede turizm yönünden Romalılardan kalma hamam ve hamam kalıntıları vardır. Ayrıca Alişar Höyüğü ve diğer höyük ve tarihi alanlar turizm açısından ziyaret edilen yerlerdir. Sarıkaya ilçesinin gerek yurt dışında gerekse de yurt içinde bulunan gurbetçi yöre halkı oldukça fazladır. Yöre halkı tatil dönemlerinde ilçeyi ziyaret ederek önemli bir turizm girdisi oluşturmaktadır. Sarıkaya ilçesinin Yozgat-Kayseri karayolunda bulunmasından dolayı yol kenarlarında bulunan tesisler günlük ortalama 3-5 bin taşıtlık trafik yoğunluğu ile önemli bir turizm potansiyeli oluşturmaktadır. Bu karayolu üzerindeki merkeze yakın tesislerde mola veren otobüsler ve özel araçlarla gelen yılda 5000-10000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Sarıkaya Roma Hamamı
- Yozgat Sarıkaya Kaplıcaları
- Hisarbeyli (Yoğurturdu) Yaylası



Şekil 9: Roma Hamamı, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

4.1.11 Sorgun

İlçede turizm yönünden Kerkenez Harabeleri ve Hitit dönemine ait birçok yerleşim alanı mevcuttur. Ayrıca Yazılıtaş Yerleşim alanı ve diğer höyük ve tarihi alanlar turizm açısından ziyaret edilen yerlerdir. Sorgun ilçesinin gurbetçi miktarının yüksek olması ilçeye ekonomik hareketlilik sağlamaktadır. Yöre halkı tatil dönemlerinde ilçeyi ziyaret ederek önemli bir turizm girdisi oluşturmaktadır. Sorgun ilçesinin Yozgat- Sivas-Ankara karayolunda bulunmasından dolayı merkeze yakın yerlerde bulunan tesisler günlük ortalama 10-15 bin taşıtlık trafik yoğunluğu ile önemli bir turizm potansiyeli oluşturmaktadır. Bu karayolu üzerindeki merkeze yakın tesislerde mola veren otobüsler ve özel araçlarla gelen yılda 10000-15000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Kerkenes Harabeleri (Kayıp Şehir Pteria)
- Gedikhasanlı Şakir Efendi Türbesi
- Karakız ve Kazankaya Hitit Heykel Atölyeleri
- Sorgun Garipler Köyü Kilisesi



Şekil 10: Sorgun İlçesi, Kaynak: www.sorged.org, Keşf-i Yozgat proje çalışması

Kerkenes Harabeleri

Yozgat'ın doğusunda Kerkenes'in Dağı'nın kuzey ucunda yer alan Kerkenes Harabeleri, MÖ 600'lü yılların en geniş yerleşim birimlerinden biri olarak kabul edilirken aynı zamanda bir demir çağı başkenti olduğu söylenmektedir. Elde edilen verilere göre burasının bir Frig şehri olabileceği ihtimali üzerinde durulmaktadır ve merkezinin yaklaşık olarak 2,5 kilometrekare olduğu düşünülmektedir.

Gedikhasanlı Şakir Efendi Türbesi

Sorgun'un Gedikhasanlı kasabası sınırları içerisindedir. Türbede Şakir Efendi adlı zat yatmaktadır. Zat, kasabada doğup büyümüş ayrıca uzun seneler boyunca medreselerde müderris görevinde hizmet vermiştir. Yöre halkının önem verdiği isimlerden biri olan zatın vefatı üzerine cenazesi türbe haline getirilmiştir. İnanç turizmi açısından gezilip görülebilecek yerler arasındadır.



Şekil 11: Gedikhasanlı Şakir Efendi Türbesi, Kaynak: SORGED, Sorgun Gençlik Merkezi, 2014

Sorgun Kaplıcaları

Sorgun Kaplıcaları, Bakanlar Kurulu kararıyla Termal Turizm Merkezi olarak ilan edilmiştir. Yozgat'ın 34 kilometre doğusundaki Sorgun İlçesi'nde bulunan kaplıca sularının Klorlü Sülfatlı, Sodyum Klorür, Sodyum Sülfat sular grubundan olduğu, 50 – 60°C arasında bir sıcaklığa ve 40 lt./sn. debiye sahip olduğu bilinmektedir. Sorgun Kaplıcalarının sularında klorlu sülfat, sodyum klorür ve sodyum sülfat bulunmaktadır. Sıcaklığı 50 ile 61 derece arasında değişen suların hastalıklar için şifa niteliğinde olduğu yöre halkı tarafından aktarılmaktadır. Kronik iltihaplı hastalıklar, spazm, ağrılı kadın hastalıkları ve romatizma ağrıları, Sorgun Kaplıcalarının şifalı geldiği hastalıklar arasındadır. Sorgun Kaplıcalarında konaklamak isteyenler için tesisler de bulunmaktadır.



Şekil 12: Sorgun Kaplıcaları, Kaynak: SORGED, Sorgun Gençlik Merkezi, 2014

Sorgun Garipler Köyü Kilisesi

Sorgun'un Garipler Köyü'ndedir. Kilisenin hangi tarihte ve kimler tarafından yapılmış olduğu bilinmemektedir. Kilise, zaman içerisinde doğal afetler ve insan kaynaklı tahribatlar sonucu yıpranmış ve kimi yerleri yıkılmıştır. Ancak Sorgun'da turistik olarak gezilmesi gereken yerler arasındadır.

Hitit Heykel Atölyeleri

Karakız Belediyesi hizmet binasının yaklaşık 500 metre kuzeyinde yer alan bir adet aslan heykelinin bulunduğu kayalık alanın Hitit Döneminde heykel atölyesi olarak kullanıldığını gösteren işlenmiş ve yarı işlenmiş bazalt taşlar tespit edilmiştir. Karakız Belediyesi'nin içinden geçen, Karakız Kadışehri yolunun yaklaşık 1 kilometre güneyinde yer alan Kazankaya Mevkii'nde iki metre çapında oyulmuş su sarnıcı ve yarı işlenmiş bazalt taşlar tespit edilmiştir.



Şekil 13: Hitit Heykel Atölyeleri, Kaynak: SORGED, Sorgun Gençlik Merkezi, 2014

4.1.12 Şefaati

İlçede turizm yönünden Güzelli Köyü Mağaraları, Sarikent Höyüğü, Tahiroğlu Höyüğü ve diğer birçok eski yerleşim alanı mevcuttur. Ayrıca İstasyon Binası, Dedeli Konağı, Koşa Köprüsü ve diğer tarihi alanlar turizm açısından ziyaret edilen yerlerdir. Şefaati ilçesinin gurbetçi büyük şehirlerde yaşayan halkının yüksek oluşu ilçeye ekonomik hareketlilik sağlamaktadır. Yöre halkı tatil dönemlerinde ilçeyi ziyaret ederek önemli bir turizm girdisi oluşturmaktadır. Şefaati ilçesinin Ankara-Kayseri demir yolunda

bulunmasından dolayı tarihi ve turistik mekanları ziyaret etmek için gelecek öğrenci ve turist gruplarıyla yılda 10000- 15000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Paşaköy Kasabası Tokmak Hasan Paşa Cami
- Şefaati “Koşa Köprüsü”
- Şefaati Tren İstasyonu Binası

4.1.13 Yenifakılı

İlçede turizm yönünden Damlalı Kemikli Mağara, Kızılgedik Höyüğü, Taşaltı Höyüğü ve diğer birçok eski yerleşim alanı mevcuttur. Ayrıca İstasyon Binası, Eski Adliye Binası ve diğer tarihi alanlar turizm açısından ziyaret edilen yerlerdir. Yeni ilçesinin gurbetçi büyük şehirlerde yaşayan halkının fazla olması, ilçeye ekonomik hareketlilik sağlamaktadır. Yöre halkı tatil dönemlerinde ilçeyi ziyaret ederek önemli bir turizm girdisi oluşturmaktadır. Mevcut tarihi ve turistik alanların yakınında, köy ve diğer kırsal yerleşim alanlarında yapılacak lokanta, doğa yürüyüş parkuru, köy evi ve çiftlik evi gibi uygun yatırımların yılda yaklaşık 10000-15000 kişilik bir ziyaretçi potansiyeli oluşturacağı öngörülmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Eski Adliye Binası
- İstasyon Binası
- Taşaltı Höyüğü Hasan Paşa Cami
- Damlalı Kemikli Mağara

4.1.14 Yerköy

Yerköy ilçesinin Yozgat- Sivas-Ankara karayolunda bulunmasından dolayı merkeze yakın yerlerde bulunan tesisler günlük ortalama 10-15 bin taşıtlık trafik yoğunluğu ile önemli bir turizm potansiyeli oluşturmaktadır. Bu karayolu üzerindeki merkeze yakın tesislerde mola veren otobüsler ve özel araçlarla gelen yılda 10000-15000 kişi aralığında bir yoğunluk olduğu öngörülmektedir. Kömüşören Köyü ilçe merkezine en yakın köydür ve Büyüknefes (Tavium Antik Kenti) Köyüne bu köyden gidilmektedir.

İlçe genelinde gezip görülebilecek tarihi ve turistik yerler:

- Tuzla Köprüsü
- Saray Çapanoğlu Cami
- Yerköy Kaplıcaları
- Tren Garı
- Keçi Kalesi



Şekil 14: Yerköy Kaplıcaları, Kaynak: IPARD, programı ile Yozgat'ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi

4.3 Yozgat İli Kırsal Turizm Swot Analizi

Yozgat İli Kırsal Turizm SWOT Analizi; Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler olmak üzere dört ana başlık altında aşağıda verilmiştir (Ersoy vd., 2017). Uzman görüşleri, literatür taramaları sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Güçlü Yönler

- Yörenin bozulmamış bir doğaya sahip olması,
- Yöre halkının konukseverliği,
- Yörük kültürünün yörede devam etmesi,
- Çamlık Milli Parkının Türkiye'nin ilk milli parkı olması ve ağaç türünün sadece Kafkaslarda bulunması,
- Termal turizm için yer altı suları bakımından zengin olması,
- Yozgat'ın karayolu ve demir yolu açısından ulaşılması kolay bir noktada olması,
- Yöresel yemek türlerinin zenginliği, el sanatları ve geleneksel motiflerin (doğum, ölüm, düğün, aşıklık geleneği, vs.) hala varlığının sürdürmekte olması,

- Yozgat'ın Alacahöyük, Boğazkale, Hattuşaş gibi Hitit yerleşim yerlerine ve Peri Bacaları, Ürgüp, Göreme vb. turizm merkezlerine yakın olması.

Zayıf Yönler

- Yozgat'ın coğrafi yapısı ve idari bölünmesi; İl Merkezinin bazı ilçelere çok uzak olması,
- İl'in kültürel ve turizm açısından yeterince tanıtılmaması,
- Yozgat'ın sürekli olarak göç vermesi,
- Kırsal alanlarda yerleşimlerde düzensiz yapılaşma,
- Hava alanının bulunmaması,
- Finansman sorunları,
- Fiziki altyapıdan kaynaklanan sorunlar,
- Kırsal turizm potansiyeline sahip alanlarda konaklama olanaklarının yetersizliği,
- Potansiyel kırsal turizm ziyaretçilerine yönelik tanıtım ve reklam yetersizliği,
- Yöre halkının tarihi ve doğal güzelliklerin korunmasının önemi hakkında yeterince bilgi sahibi olmaması ve kırsal turizm bilincinin gelişmemiş olması.

Fırsatlar

- Nüfus yoğunluğunun azlığı ve sanayi faaliyetlerinin gelişmemiş olmasından dolayı yörenin doğal zenginlikleri üzerindeki tehlikenin az olması,
- Orta Anadolu Kalkınma Ajansının Destekleri,
- Bozok Üniversitesi'nin varlığı,
- Ankara, Kayseri, Sivas gibi kalabalık şehirlerde kent yaşamından stresten uzaklaşmak isteyen doğa ve kırsal alanı seven bireylerin olduğu potansiyel ziyaretçi kitlesi,
- TKDK vasıtasıyla IPARD programının bölgeye yatırımları teşvik ediyor olması,
- Geniş bir alana yayılmış tarım arazilerinin tarım ve çiftlik turizmi açısından değerlendirilmeyi bekleyen bir potansiyel olması,
- Yozgat'ta şehir hastanesinin faaliyete girmesi,
- KOP desteği imkanına sahip olması.

Tehditler

- Kurumlar arasında iş birliğinin yetersiz olması,
- Kırsal turizm algısının ulusal düzeyde yetersiz kalması,
- Yerel ve geleneksel kültürde zayıflama ve bozulmaların yaşanması,
- Çevre koşullarına önem vermeyen iş yerleri ve bireylerden dolayı doğal güzelliklerin tahrip edilmesi,
- Kırsal turizm potansiyelinin artışına bağlı olarak oluşacak nitelikli personel yetersizliği,

- Kırsal alanda yaşanan göçe bağlı olarak genç nüfusun giderek azalması,
- Avlanmanın ve orman yangınlarının doğal çevreyi tahrip etmesi,
- Erozyon, sel felaketi ve diğer doğal afetlerin tarihi ve turistik alanları ve doğal güzellikleri yok etmesi,
- Kırsal turizmin aşırı ve kontrolsüz gelişimi ile doğal ve kültürel değerlerin dejenere olma, yozlaşma, tahrip olma, kirlenme ve elden çıkma riski.

4.4 Yozgat'ın Kırsal Turizm İçin Uygunluğu

Yozgat kendine özgü coğrafyası ve kültürüyle, tarihi ve doğal dokusuyla ve eşsiz güzellikleriyle kırsal turizmin iyi bir şekilde gerçekleştirilmesine uygun bir şehirdir. Yaylaları, kırsal alanları, arkeolojik sit alanları, bölgede yetişen değişik bitki türleri ve doğal ormanlık alanlarıyla birlikte kırsal turizm açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Yozgat içerisinde barındırdığı tüm doğal, kültürel ve tarihi özellikleri ile kırsal turizmi tercih eden turistlerin istek ve beklentilerine cevap verebilecek bir kırsal turizm bölgesidir. Daha çok günübirlik ziyaretlerin gerçekleştirildiği Yozgat'ta turistler sadece termal tesislerin bulunduğu Sarıkaya, Boğazlıyan, Sorgun, Saraykent ve Yerköy ilçelerinde konaklamamakta diğer ilçelerde konaklayarak doğal güzelliklerle buluşmaktadırlar. Daha çok çevre illerden ve yurt dışından gelen gurbetçi ziyaretçiler, yaylaları, kırsal alanları ve köyleri ziyaret ederek sıra özlemini azda olsa giderme imkanına sahip olmaktadır. Belediyeler mevcut kırsal alanlara altyapı, imar, ulaşım ve diğer hususlarda gerekli çalışmaları yaparak yatırımcıların bu bölgelere gelmesine olanak vermelidirler. Kırsal turizm için potansiyeli olan alanları düzenlemeli, temiz ve huzurlu yaşanabilir alanlar haline getirmelidirler. Kolluk kuvvetleri ile kamu ve sivil toplum kuruluşları turistlerin güvenliğinin sağlanması konusunda birlikte hareket ederek kırsal turizmde rekabet avantajı sağlayabilirler.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Turizm sektörü ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmanın önemli yapı taşlarından bir tanesidir. İç Anadolu bölgesinde yer alan Yozgat ili mevcut kırsal turizm alanlarıyla alternatif bir turizm merkezi olmaya adaydır. Ekonomisi tarım, hayvancılık ve madencilğe dayalı olan Yozgat'ın turizm sektöründe de gelişmesi kırsal kalkınmayı olumlu yönde etkileyecektir. Fakat

Yozgat ilinin kırsal turizm açısından gelişmesi için gerekli olan doğal, kültürel, tarihi değerlere sahip olmasına rağmen mevcut kırsal turizm potansiyelini istenilen şekilde değerlendiremediği anlaşılmıştır.

Yozgat'ın kırsal turizm açısından mevcut potansiyelini kullanamamasının nedenleri arasında; Kırsal turizm işletmelerinde çalışanların turizm hakkında yeterince bilgi sahibi olmamaları, kırsal turizm işletmelerinin teşvik ve desteklerden yeterince yararlanamaması, yerel halkın turizm konusunda yeterince bilgi sahibi olmamaları, kırsal alanlarda mevcut bulunan ulaşım, imar ve altyapı sorunları, mevcut turistik tesislerin kapasitelerinin yetersizliği gelmektedir.

Ayrıca Yozgat'ın kırsal alanlarının tanıtımın istenilen düzeyde yapılamaması, kırsal turizm konusunda kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının koordinasyon eksikliği, Yozgat il genelinde girişimcilik bilinci ve ruhunun yetersiz oluşu gösterilebilir.

Nitekim mevcut kırsal turizm potansiyelinin değerlendirilmesi; Yozgat ili için, göçü azaltabilir, ekonomiyi canlandırabilir, istihdamı artırabilir, kadınların istihdama ve sosyal hayata katılımlarını artırabilir, gençlerin geleceğe umutla bakmasına ve doğdukları büyüdükleri kırsal alanlara sahip çıkma isteklerini artırabilir, bölgenin sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan kalkınmasına ve Yozgat'ın tanıtılmasına katkı sağlayabilir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde; Yozgat ilinde turistlerin sürekli ziyaret etkileri ve bilinen önemli turistik alanlar mevcuttur. Yozgat'a ziyaret amaçlı gelen turistler genellikle termal tesislerde konaklamakta ve tekrar evlerine dönmektedirler. Oysaki Yozgat'ın doğa, çiftlik, köy, dağcılık, kanyon, fotoğrafçılık, inanç, tarih, kültür ve diğer kırsal turizm çeşitleri için çok fazla destinasyonu bulunmaktadır. Mevcut tesislerin modernize edilmesi, yeni tesislerin yapılması ve diğer kırsal turizm çeşitlerinin özendirilerek geliştirilmesi gereklidir.

Çalışma sonucunda Yozgat ilinin kırsal turizm potansiyelinin geliştirilmesi açısından aşağıdaki öneriler verilmiştir.

- Yerel halkın, ilgili kurum ve kuruluşların, meslek odalarının, sivil toplum kuruluşların ve özel sektör yetkililerinin birlikte koordineli bir biçimde çalışması,
- Kırsal turizm için bir eğitim müfredatı oluşturulmalı,
- Yozgat kırsal turizme ilgi uyandıracak radyo ve televizyon programları yapılmalı,

- Yozgat ilinde bulunan turizm işletmeleri, seyahat acenteleri, termal turizm ve konaklama tesisleri ve yeme içme tesislerinin birlikte hareket ederek kırsal turizm aktiviteleri için tur ve organizasyonlar düzenlemeleri ve böylece ilin tanıtımına katkıda bulunmaları istenmelidir.
- Özellikle gençlerin doğdukları, büyüdükları yerlerde kalma istekleri oluşturularak, herkesin yaşam kalitesi artırılabilir.
- İş istihdamı artırılarak göç önlenir. Doğanın korunması, geliştirilmesi sağlanabilir.
- Ayrıca girişimcilik ruhu oluşturularak, tüm sektörlerin yörede, yurt içi ve dışında olabildiğince tanıtımı yapılmalıdır.
- Kırsal turizm ile ilgili Üniversitelerle iş birliği yapılarak yayım çalışmaları yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acar, V., Avcı, E., Erat, B. (2017), “Birgi’nin Turistik Bir Destinasyon Olarak SWOT Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi”, *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(14), 1335-1372.
- Akbulak, C. (2016), “Ardahan İlinde Kırsal Turizm Potansiyelinin Sayısallaştırılmış SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi”, *HUMANITAS Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), 1-30.
- Akça, H. (2005), “Burdur İlinin Kırsal Turizm Potansiyeli ve Değerlendirilmesi”, 1.Burdur Sempozyumu, *Bildiriler Cilt I*, 16- 19 Kasım, Burdur, 515-517.
- Akın, G., Balıkçı, E., Temiz, S., Atsız, O. (2019). *Yozgat’ın Alternatif Turizm Potansiyelinin Belirlenmesine Yönelik Bir Alan Araştırması*. *Turizm Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 1-16.
- Aktan, C. C. (1999), *2000’li Yıllarda Yeni Yönetim Teknikleri 2 (Stratejik Yönetim)*. Simga Ofis Matbaacılık.
- Akyürek, S., Özdemir, Ö. ve Çeken, H., 2019. *Gümüşhane İlinin Kırsal Turizm Potansiyeli ve Yerel Halkın Kırsal Turizm Hakkındaki Görüşleri (Zigana Köyü Örneği)*. *Uluslararası Kırsal Turizm ve Kalkınma Dergisi (IRTAD)*, 2(2): 10-19.
- Arıöz, Ö. , Yıldırım, K. (2012), “Türkiye’de Çimento Sektöründeki Belirsizlikler ve Türk Çimento Sektörünün SWOT Analizi,” *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(2), 173-190.
- Barke, M. (2004), “Rural Tourism in Spain”, *International Journal of Tourism Research*, 6(3), 137-149.
- Bell, M. (1996), *Marketing: Concepts and Strategy*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Birdir, K., Karakan, İ., Çolak, O. (2015), “Gaziantep İlinin Turizm Açısından Swot Analizi ve Turizmin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler”, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 13(1), 77-92.
- Cebecioğlu, C. (2006), *SWOT Analizi ve Bir İşletme Üzerine Uygulama*. Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çetin, İ., Üzümcü, T.P. ve İçöz, O., (2017), *Kırsal Alanlarda Sürdürülebilir Kırsal Turizm ve Kocaeli-Kandıra Kırsal Turizm Gelişimi Modeli*. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (ERZSOSDE)*, ÖS (IV): 137-156.
- Çeken, H., Karadağ, L., Dalgın, T., (2007), *Kırsal Kalkınmada Yeni Bir Yaklaşım Kırsal Turizm ve Türkiye’ye Yönelik Teorik Bir Çalışma*, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 1-14 (2007)
- Dinçer, Ö. (2004), *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- DPT. (2003), *Kamu Kuruluşları İçin Stratejik Planlama Nihai Taslak*. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT).

- Doğan, N., Sözbilen, G. (2014), “Kaya Otel İşletmeleri İçin En Uygun Stratejinin Belirlenmesi: Bir SWOT/AHP Uygulaması”, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(4), 95-112.
- Doğan, N., Ersoy, Y. (2017), “Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinde SWOT Analizi: Uşak İli Örneği”, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 52(Özel Sayı), 952-969.
- Ersoy, Y; Tehci, A. ve Ersoy B. (2018), Kırsal Turizm Potansiyelinin SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi: Yozgat İli Örneği, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl 11, Sayı 1, Haziran, SS. 649-664.
- Ersoy, Y., Tehci, A., Ersoy, B., vd. (2017), “IPARD Programı ile Yozgat’ta Kırsal Turizmin Geliştirilmesi Stratejileri Projesi Araştırma Kitabı”, TKDK, Yozgat, 1-161.
- Fidan, Y. (1994), Hizmet İşletmelerinde Strateji Geliştirme ve Bir Özel Finans Kurumu Uygulaması. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Gülbahar, O. (2009), “1990’lardan günümüze Türkiye’de Kitle Turizminin Gelişimi ve Alternatif Yöntemler”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(1), 151-177.
- Haider-Pröbstl, U. Melzer, V., Jiricka A. (2014), “Rural Tourism Opportunities: Strategies and Requirements for Destination Leadership in Peripheral Areas”, Tourism Review, 69(3), 216-228.
- IPARD (2017), programı ile Yozgat’ta kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi.
- Kesici, M. (2012), “Kırsal Turizm Olan Talepte Yöresel Yiyecek ve İçecek Kültürünün Rolü”, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 14(23), 33-37.
- Kuter, N., Ünal, E. (2013), Kırsal Kalkınmada Kırsal Turizmin Önemi, Orman Fakülte Dergisi, 13(2), 192-201.
- Mansuroğlu, S., Dağ, V. (2016), “Bingöl İlinin Peyzaj Potansiyelinin Kırsal Turizm Olanakları (SWOT Analizi Yöntemi Kullanılarak) Açısından Değerlendirilmesi”, Mediterranean Agricultural Sciences, 29(1), 9-16.
- Mercan, Ş.O., Pak, A. (2014), Küreselleşme Sürecinde Turizmin Kırsal Boyutu: Kırsal Turizmin Dünü ve Bugünü, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7(2), 29-33.
- Omman, A.R. (2011), “Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis for Farming System Businesses Management: Case of Wheat Farmers of Shadervan District, Shoushtar Township, Iran, African Journal of Business Management, 5 (22), 9448-9454.
- Ongun, U., Gövdere, B., Çiçek, U. (2016), “Yeşil Ovanın Kırsal Turizm Potansiyelinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 7(16), 75-88

- Özan, B., Polat, H., Gündüzalp, S., Yaraş, Z. (2015), “Eğitim Kurumlarında SWOT Analizi”, Turkish Journal of Educational Studies, 2(1), 1-28.
- Özköse, H., S.A (2013), Uzaktan Eğitim Süreci İçin SWOT Analizi5. Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü.
- Paliwal, R. (2006), “EIA Practice in India and Its Evaluation Using SWOT Analysis”, Enviromental Impact Assesment Review, 26(5), 492-510.
- Polat, E., Özdemir, S., Özdemir, M. (2014), “Kırsal Turizm Potansiyelinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi: Balıkesir Örneği”, Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı, 4-6 Haziran 2014, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 143-153.
- Sandıkçı, M., Özgen, Ü. (2013), “Afyonkarahisar İlinin Termal Turizm Açısından Swot Analizi ile Değerlendirilmesi”, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15, 51-79.
- Savgın, E.C. (2016), Çiftlik Turizmine Yönelik Kavramsal Bir Model Önerisi, Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Soykan, F. (2003), “Kırsal Turizm ve Türkiye Turizmi İçin Önemi”, Ege Coğrafya Dergisi, 12, 1–11.
- SORGED (2014), Keşf-İ Yozgat, Sorgun Gençlik Merkezi,
- Şerefoğlu, C. (2019), Kalkınmada Kırsal Turizmin Rolü -2007-2013 Yılları Arasında Ülkemizde Uygulanacak Olan IPARD Kırsal Kalkınma Programındaki Yeri ve Beklenen Gelişmeler. Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Tekli, C. (2019), Gördes’ in Kırsal Turizm Potansiyelinin Swot Analizi ile Değerlendirilmesi. Uluslararası Kırsal Turizm ve Kalkınma Dergisi 3(2), 41-47.
- Torlak, Ö. Altunışık, R., Özdemir, Ş. (2002), Modern Pazarlama. İstanbul: Değişim Yayınları.
- Ukdu, U., İ.Ç. (2015), Doğu Karadeniz Bölgesi Sürdürülebilir Turizm Kongresi. Bildiriler Kitabı. Gümüşhane: Gümüşhane Üniversitesi Turizm Fakültesi.
- Ülgen, H., & Mirze, K. (2004), İşletmelerde Stratejik Yönetim. İstanbul: Literatür Yayınları.
- URL1, <http://www.yozgatkulturturizm.gov.tr/TR,92592/genel-bilgiler.html>, Erişim Tarihi: 22.12.2016.
- URL13, http://www.dogumarmarabolgeplani.gov.tr/pdfs/5_turizm_17_Marka_Kent_Stratejik_Kalkinma_Planı.pdf, Erişim Tarihi: 28.12.2016.
- Yazıcı, K., Albayrak, T. (2024), Yozgat-Sorgun ve Çevresinin Kırsal Turizm Açısından Değerlendirilmesi. 10. Uluslararası Paris Sosyal Ve Beşeri Bilimler Kongresi
- Yeşiltaş, M. (2009), Karadeniz Bölgesindeki Turizm Olanaklarının Swot Analizi İle Değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (3), 250-269.
- Yıldırım, E. (2002), Stratejik Yönetim ve Örgüt Kültürü İlişkisi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Wodenberg, V. (1992), Rural Tourism Binen Ett. Europamoet Gedifferentieerd Toeristisch Plattelandsproduct Gaan Ontwikkelen, Recreatie en Toerisme, sept. Notherlands.

BÖLÜM 10

YAĞLI TOHURLU BİTKİLER: DÜNYA VE ÜLKEMİZDE MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. | Levent YAZICI¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285976>

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
levent.yazici@yobu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6839-5366

GİRİŞ

Yağlı tohumlu bitkiler çok eski zamanlardan beri, insan ve hayvan beslenmesi yanında birçok farklı kullanım alanları bulunan önemli bitkilerdir. Dünya ve ülkemizde son yıllarda ekonomik önemi gittikçe artan bu bitkilerin içeriğinde yağ, protein, vitamin, mineral, karbonhidrat, fenolik ve antioksidan gibi primer ve sekonder maddeler bulunmaktadır (Yılmaz vd., 2021). Gıda, kozmetik, boya, tıbbi ve biyodizel gibi birçok endüstriyel alanda ham madde olarak yer almaktadır. Ülkemiz iklim ve toprak özellikleri bakımından oldukça farklı özelliklerde bulunması, tek yıllık yağlı tohumlu bitkilerden ayçiçeği, soya, susam, kolza, aspir, pamuk, yerfıstığı, mısır, keten, kenevir ve haşhaş gibi bitkilerin yetiştirilmesi için uygun koşullara sahip olması bu bitkilerin önemini artırmaktadır. İklim koşulları, tarım politikaları ve tüketici talepleri gibi faktörler, bu bitkilerin üretim miktarları ve durumunu etkileyerek her yıl değiştirebilir.

Yağlı tohumlu bitkiler, tarımsal üretimde ve endüstride önemli bir yere sahiptir. Bu bitkilerin önemini belirten bazı ana noktalar:

Yağ Üretimi: Yağlı tohumlu bitkiler, yağ elde etmek için yetiştirilirler. Bu bitkiler, yağ sanayisi için önemli ham madde kaynaklarıdır. Bu bitkilerden elde edilen yağlar, gıda endüstrisinde pişirme yağı, margarin, salata yağı gibi ürünlerin yanı sıra, biyodizel üretiminde de kullanılır.

Yem Sanayisi: Yağlı tohumlu bitkiler, hayvan yemi üretiminde de önemli bir rol oynar. Özellikle soya fasulyesi, yüksek protein içeriği nedeniyle hayvan yemi olarak kullanılır. Bu bitkilerin yem endüstrisindeki kullanımını, hayvan beslemede sağlıklı ve dengeli beslenmeyi sağlar.

Tarım Çeşitliliği ve Gelir Kaynağı: Yağlı tohumlu bitkiler, tarım portföyünü çeşitlendirir ve çiftçilere gelir getirir. Bu bitkiler genellikle büyük ölçüde ticari olarak yetiştirilir ve dünya genelinde tarımsal gelire önemli katkı sağlarlar.

Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik: Bazı yağlı tohumlu bitkiler, örneğin kanola, biyodizel üretimi için kullanılarak fosil yakıtların yerine geçebilir. Bu, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağlar. Ayrıca, bu bitkilerin ticari üretimi, ekonomik büyümeyi teşvik eder ve istihdam yaratır.

Sağlık ve Beslenme: Yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen yağlar, insan beslenmesi için önemli besin kaynaklarıdır. Doğru bir şekilde işlendiklerinde, sağlıklı yağ asitleri ve vitaminler sağlarlar.

Bu nedenlerle, yağlı tohumlu bitkiler tarımsal üretimde ve endüstriyel kullanımda büyük öneme sahiptirler. Küresel ticarete ve ekonomik dengelerde de etkili bir rol oynarlar.

Genel olarak, dünya ve ülkemizde yağlı tohumlu bitkilerin üretimi sürekli olarak izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu çalışmada dünya ve ülkemizde yetişen yağlı tohumlu bitkiler son yılların mevcut ekim alanları, üretim ve verim miktarları incelenecek ve bu bitkilerin önemi hakkında bilgiler verilecektir.

1. DÜNYA'DA YAĞLI TOHURLU BİTKİLERİN MEVCUT DURUMU

1.1 Ekim Alanları, Üretim ve Verim Miktarları ile Ham Yağ Üretim Değerleri

Dünya 2022/2023 sezonu toplam yağlı tohum üretimi 637,71 milyon tondur (USDA, 2024). Dünya 2022 yılı yağlı tohum bitkilerinde en fazla ekim alanı ve üretim değerleri, sırasıyla soya fasulyesi ekim alanı 133,79 milyon ha, üretim miktarı ise 348,85 milyon ton ile ilk sırada bulunmaktadır. Kolza ekim alanı 39,96 milyon ha, üretim 87,22 milyon ton, pamuk 31,42 milyon ha, üretimi 69,66 milyon ton, ayçiçeği 29,25 milyon ha, üretim 54,28 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Palm meyvesi üretimi ise 2022 yılında 424.58 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya 2022/2023 sezonu ham yağ üretimi toplam 218.35 milyon ton olarak belirlenmiştir (USDA, 2024; FAO, 2024). Ham yağ üretimi 2022 yılı değerlerine göre en fazla sırasıyla palm yağı 78,00 milyon ton, soya 59,60 milyon ton, kolza 32,86 milyon ton ve ayçiçeği 21,73 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Dünya yağlı tohum üretiminde ülkelerin payı incelendiğinde, soya üretiminde Brezilya ve ABD sırasıyla %39 ve %29 paylarıyla en büyük üretici ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Kolza üretiminde AB ülkeleri %23, Kanada %21, Çin %17 ve Hindistan %14 paya sahiptir.

Ayçiçeği üretiminde Rusya %31, Ukrayna %26, AB ülkeleri %18 en fazla üreten ülkeler olarak yer almaktadır. Ham yağ üretiminde ülkelerin payı

ise, palm yağı üretimi Endonazy'a'da %59, Malezya'da %24, soya üretiminde Çin %28, ABD %20, Brezilya %17, kolza üretiminde AB ülkeleri %30, Çin %21, Kanada %14 Hindistan %12, ayçiçeği üretiminde Rusya %31, Ukrayna %29, AB ülkeleri %18, Arjantin %8, ve Türkiye %4 ile en fazla üreten ülkeler olarak belirlenmiştir (USDA, 2024).

Çizelge 1. Dünya'da yağlı tohum bitkilerin 2019-2022 yıllarına ait ekim alanları, üretim ve verim miktarları ile ham yağ üretim değerleri

Ürün	Yıl	Ekim Alanı (milyon hektar)	Üretim (milyon ton)	Ham Yağ Üretimi (milyon ton)	Verim (kg/ha)
Soya Fasulyesi	2019	121,36	335,93	59,93	2770
	2020	127,45	355,86	59,06	2790
	2021	130,47	372,85	61,57	2860
	2022	133,79	348,85	59,60	2610
Kolza Tohumu	2019	34,29	71,82	24,80	2009
	2020	34,82	72,38	25,18	2008
	2021	36,25	71,95	26,58	1980
	2022	39,96	87,22	32,86	2180
Pamuk Tohumu	2019	33,97	83,68	4,32	2460
	2020	32,13	71,45	4,25	2220
	2021	32,64	74,29	4,30	2280
	2022	31,42	69,66		2220
Ayçiçeği Tohumu	2019	27,33	56,02	20,05	2005
	2020	27,56	50,11	20,49	1820
	2021	29,44	57,99	18,49	1970
	2022	29,25	54,28	21,73	1860
Susam Tohumu	2019	13,07	6,81	1,00	520
	2020	14,00	6,67	1,02	480
	2021	12,96	6,66	1,01	510
	2022	12,83	6,74		530
Aspir Tohumu	2019	0,65	0,58	0,072	900
	2020	0,78	0,66	0,071	840
	2021	0,85	0,62	0,059	730
	2022	1,20	0,99		830
Yerfıstığı	2019	29,43	49,24	4,12	1670
	2020	30,27	54,41	4,54	1800
	2021	32,65	54,49	4,74	1670
	2022	30,53	54,23		1780
Keten Tohumu	2019	3,20	3,06	0,76	960

	2020	3,52	3,37	0,72	960
	2021	4,11	3,33	0,69	810
	2022	4,53	3,97	0,78	880
Haşhaş Tohumu	2019	0,056	0,030		530
	2020	0,036	0,023		640
	2021	0,043	0,023		550
	2022	0,027	0,014		530
Kenevir Tohumu	2019	0,042	0,047		1130
	2020	0,031	0,031		1003
	2021	0,037	0,033		890
	2022	0,043	0,042		970
Palm Meyvesi	2019	28,20	416,11	79,14	14750
	2020	28,59	416,15	76,08	14560
	2021	29,61	415,58	80,58	14030
	2022	30,01	424,58	78,00	14150

2. TÜRKİYE'DE YAĞLI TOHURLU BİTKİLERİN MEVCUT DURUMU

2.1. Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*)

Türkiye'de yağlı tohumlu bitkiler arasında ekim alanı, üretim ve yağ tüketimi bakımından en fazla payı ayçiçeği bitkisi almaktadır. Ayçiçeği, ülkemizde hemen her bölgede yetiştirilebilen, yüksek yağ içeriği (%30-55) ile bitkisel ham yağ üretiminde önemli bir konuma sahiptir (Arıoğlu vd., 2010; Kolsarıcı vd., 2000). Türkiye 2020-2023 yılları ayçiçeği tohumu (yağlık) ekim alanları sırasıyla (650 bin ha, 811 bin ha, 900 bin ha, 864 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 1 milyon 900 bin ton, 2 milyon 215 bin ton, 2 milyon 350 bin ton ve 1 milyon 960 bin ton olarak belirlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre ayçiçeği tohumu (yağlık) ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde en fazla ekim alanı sırasıyla Tekirdağ %20, Edirne %14 ve Kırklareli %11, üretim miktarları bakımından ise Edirne %13, Adana %12 ve Tekirdağ %10 pay ile ilk sıralarda yer almaktadır.

Çizelge 2. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) 2020-2023 Yılları Ayçiçeği Tohumu (Yağlık) Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	62566	201873	323
	2021	67475	207592	308
	2022	76379	228930	300
	2023	77035	246330	320
Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan-TRA2	2020	1948	4150	213
	2021	2004	3106	155
	2022	3322	7222	217
	2023	1933	5134	266
Ankara-TR51	2020	5359	13509	252
	2021	6750	13383	198
	2022	9557	21093	221
	2023	7932	20028	252
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	475	1200	253
	2021	365	736	202
	2022	628	1355	216
	2023	504	930	194
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	1224	4215	344
	2021	9741	31281	321
	2022	6866	20646	301
	2023	4268	12210	286
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	33105	91046	275
	2021	42742	112535	263
	2022	51769	138796	268
	2023	52298	105342	201
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	24153	77527	326
	2021	35620	108566	306
	2022	39070	106782	279
	2023	31942	92561	290
Erzurum, Erzincan, Bayburt-TRA1	2020	57	169	298
	2021	196	461	263
	2022	1241	3293	265
	2023	949	2815	297
Gaziantep, Adıyaman, Kilis-TRC1	2020	848	2547	300
	2021	801	2325	290
	2022	774	1995	258
	2023	995	2373	238

Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	6008	18891	314
	2021	11133	38615	347
	2022	9907	33222	335
	2023	15150	46155	305
İstanbul-TR10	2020	16178	43274	267
	2021	18168	49017	270
	2022	20412	51570	253
	2023	21270	47046	221
İzmir-TR31	2020	2434	6502	267
	2021	6187	16344	264
	2022	5676	14721	259
	2023	3718	9522	256
Kastamonu, Çankırı, Sinop- TR82	2020	149	222	149
	2021	409	649	159
	2022	663	1056	159
	2023	746	1367	183
Kayseri, Sivas, Yozgat-TR72	2020	1515	2748	181
	2021	4270	7216	169
	2022	17977	34761	193
	2023	15591	33775	217
Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir-TR71	2020	10411	34142	328
	2021	16713	51063	306
	2022	25340	66517	262
	2023	25321	74394	294
Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova-TR42	2020	4620	12854	278
	2021	6392	18425	288
	2022	8428	21230	263
	2023	8618	21802	253
Konya, Karaman- TR52	2020	73843	303404	411
	2021	93406	352645	378
	2022	76143	283391	373
	2023	54840	199734	364
Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli- TRB1	2023	33	98	302
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak- TR33	2020	6829	16255	238
	2021	9092	19879	221
	2022	15832	33286	210
	2023	16016	40506	253
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya- TR83	2020	80773	227135	281
	2021	106449	251733	237
	2022	124873	364800	292

	2023	113676	324956	286
Şanlıurfa, Diyarbakır-TRC2	2020	6138	15520	253
	2021	7578	17254	228
	2022	7705	17753	230
	2023	7545	19479	258
Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	311189	820736	264
	2021	364813	910980	250
	2022	393911	889164	226
	2023	401765	649159	162
Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane-TR90	2023	8	21	263
Van, Muş, Bitlis, Hakkari-TRB2	2020	819	1798	220
	2021	732	850	116
	2022	3521	7676	218
	2023	2173	3712	171
Zonguldak, Karabük, Bartın- TR81	2020	230	283	123
	2021	276	345	125
	2022	525	741	148
	2023	343	551	167

Kaynak: TÜİK, 2024

2.2. Soya Fasulyesi (*Glycine max.* L. Merr.)

Soya fasulyesi beslenme açısından protein, lif, vitaminler ve mineraller açısından zengindir. Soya tohumlarında yaklaşık %18-20 yağ, %40 protein, %30 karbonhidrat, %5 mineral madde (kalsiyum, demir, çinko) ve birçok vitamin (A, B1, B2, C, D, E ve K) bulunmaktadır. Soya fasulyesi, yüksek yağ ve protein içeriğiyle birlikte, bitkisel yağ sanayisi ve gıda endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, küspesi hayvan beslenmesinde de yaygın olarak değerlendirilmektedir (Arioğlu, 2000; Unakıtan ve Aydın, 2012; Ekberli ve Kars, 2021).

Türkiye 2020-2023 yılları soya fasulyesi toplam ekim alanı sırasıyla (35 bin ha, 43 bin ha, 38 bin ha ve 32 bin ha) olmuştur. Üretim miktarları ise 155 bin ton, 182 bin ton, 155 bin ton ve 137 bin 500 ton olarak gerçekleşmiştir. En fazla ekim alanı 2023 yılı ortalama değerlerine göre %59 ile Adana, %13 ile Mersin ve %11 ile Kahramanmaraş'ta gerçekleşmiştir. Üretim miktarı payı ise Adana %65, Mersin %11 ve Kahramanmaraş %10 olarak yer almıştır.

Çizelge 3. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yılları Soya Fasulyesi Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	28534	132176	463
	2021	33207	144934	436
	2022	25060	108431	433
	2023	23802	105668	444
Ankara-TR51	2020	17	43	259
	2021	6	14	233
	2022	25	55	224
	2023	20	50	250
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	1	6	462
	2021	1	5	455
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	31	140	452
	2021	26	117	450
	2022	28	122	440
	2023	2	7	350
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	6	20	357
	2021	5	19	380
	2022	6	23	383
	2023	6	23	383
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	5	14	259
	2021	4	6	154
	2022	2	6	400
	2023	0	1	250
Gaziantep, Adıyaman, Kilis-TRC1	2020	70	238	340
	2021	120	366	305
	2022	22	69	321
	2023	22	70	326
Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	3764	13916	370
	2021	7035	25885	368
	2022	9864	36396	369
	2023	6375	24479	384
Kastamonu, Çankırı, Sinop-TR82	2021	3	9	333
	2022	2	8	400
	2023	2	7	467
Kayseri, Sivas, Yozgat-TR72	2020	3	3	107
	2022	23	115	500

Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir-TR71	2023	3	15	500
Konya, Karaman- TR52	2020	29	92	317
	2021	41	151	368
	2022	22	68	309
	2023	20	61	313
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	22	60	279
	2021	91	220	260
	2022	150	374	249
	2023	18	60	339
Mardin, Batman, Şırnak, Siirt-TRC3	2020	94	371	397
	2021	712	1886	265
	2022	20	42	210
	2023	40	82	205
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya- TR83	2020	1811	6132	339
	2021	1913	6384	334
	2022	2100	7169	341
	2023	1396	3813	273
Şanlıurfa, Diyarbakır- TRC2	2020	722	1859	258
	2021	682	1808	265
	2022	640	1939	303
	2023	956	3076	322
Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	27	155	570
	2021	42	188	445
	2022	43	175	406
	2023	22	83	377
Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane-TR90	2021	3	8	267
	2022	3	8	267
	2023	2	5	250

Kaynak: TÜİK, 2024.

2.3. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.)

Pamuk, sadece lif üretimi için değil aynı zamanda yağ ve yem sanayisinde de hammadde olarak kullanılmaktadır (Yazıcı vd., 2016). Pamuk tohumunun yağ oranı genellikle %15 ile %25 arasında değişir. Bu oran, pamuk bitkisinin çeşidine, yetiştirildiği koşullara ve hasat zamanına bağlı olarak değişebilir. Pamuk tohumu, hem yağ içeriği yüksek hem de protein bakımından zengin bir bitkidir. Bu özellikleri nedeniyle hem tekstil endüstrisinde lif üretimi için hem de yağ üretimi için değerlidir.

Türkiye 2020-2023 yıllarına ait pamuk tohumu toplam ekim alanları sırasıyla (359 bin ha, 432 bin ha, 573 bin ha ve 477 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 1 milyon 64 bin ton, 1 milyon 350 bin ton, 1 milyon 650 bin ton ve 1 milyon 260 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre pamuk tohumu ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde en fazla ekim alanı sırasıyla Şanlıurfa %42, Diyarbakır %14 ve Aydın %11 illerinde, üretim miktarları bakımından ise Şanlıurfa %42, Diyarbakır %14 ve Aydın %12 pay ile ilk sıralarda yer almaktadır.

Çizelge 4. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Pamuk Tohumu (Çiğit) Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	27266	85791	315
	2021	24882	76190	306
	2022	34753	97531	281
	2023	20126	55063	274
Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan-TRA2	2020	310	723	233
	2022	100	225	225
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	4837	14718	304
	2021	4379	14623	334
	2022	4734	13001	275
	2023	4280	10687	250
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	64280	193739	301
	2021	59358	191441	323
	2022	70486	209373	297
	2023	70032	183195	262
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	195	510	262
	2021	111	309	278
	2022	166	419	252
	2023	151	329	218
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2021	0	1	333
	2022	4	11	256
	2023	2	4	250
Gaziantep, Adıyaman, Kilis-TRC1	2020	9455	27158	287
	2021	10781	32570	302
	2022	14508	40238	277
	2023	11569	28776	249

Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	35897	113277	316
	2021	42940	138776	323
	2022	53497	165791	310
	2023	43659	122293	280
İzmir-TR31	2020	27729	89261	322
	2021	26221	90372	345
	2022	33265	103705	312
	2023	24853	69060	278
Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli- TRB1	2022	3	7	280
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	9153	33348	364
	2021	12398	43886	354
	2022	17418	55160	317
	2023	14456	43297	300
Mardin, Batman, Şırnak, Siirt-TRC3	2020	10969	34728	317
	2021	12501	40550	324
	2022	18834	57791	306
	2023	14361	36802	256
Şanlıurfa, Diyarbakır-TRC2	2020	169130	470936	278
	2021	238708	721282	302
	2022	325393	906748	279
	2023	273950	710494	259

Kaynak: TÜİK, 2024

2.4. Kolza (*Brassica napus* L.)

Kolza, ekonomik değeri yüksek bir tarım ürünüdür ve dünya genelinde büyük ölçekte yetiştirilir. Kolza tohumlarının yağ oranı genellikle %40 ila %45 arasında değişir. Bu yüksek yağ içeriği, kolza tohumlarının yağ üretimi için önemli bir kaynak olmasını sağlar. Kolza, insan ve hayvan beslenmesi yanında biyodizel üretiminde de kullanılır. Bu özellikleri nedeniyle hem gıda hem de enerji sektörlerinde önemli bir yere sahiptirler. Yazlık ve kışlık olarak ekilebilmesi, yüksek verim sağlaması ve tohumlarında yüksek yağ içeriğine sahip olması, ekimden hasada kadar tüm yetiştirme tekniklerinin mekanizasyona uygun olması, kolza bitkisinin üstün bir yağ kaynağı olduğunu göstermektedir (Ghiyasi vd., 2016).

Türkiye 2020-2023 yılların kolza tohumu toplam ekim alanları sırasıyla (34 bin ha, 37 bin ha, 41 bin ha ve 32 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 2020 yılında 121 bin ton, 2021 yılında 140 bin ton, 2022 yılında

150 bin ton ve 2023 yılında 120 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre, iller bazında kolza tohumu ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde ekim alanı sırasıyla en fazla Konya (%17), Tekirdağ (%16), Edirne (%14) ve Ankara (%11) illerinde gerçekleşmiştir. Üretim miktarları bakımından ise Konya %23, Ankara %15, Edirne %14 paya sahip olmuştur.

Çizelge 5. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Kolza Tohumu Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	4	14	350
	2021	3	11	367
	2022	2	7	350
Ankara-TR51	2020	1420	4930	347
	2021	1702	5932	349
	2022	3322	13285	400
	2023	3865	18315	474
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	0	1	500
	2021	12	28	233
	2022	11	27	241
	2023	0	0	0
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	3340	9829	294
	2021	3192	10337	324
	2022	4480	15591	348
	2023	4028	12571	312
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	853	2867	336
	2021	864	3037	352
	2022	1339	4650	347
	2023	1605	5984	373
İstanbul-TR10	2020	2727	8261	303
	2021	2909	9462	325
	2022	3035	10303	340
	2023	2724	8243	303
Kastamonu, Çankırı, Sinop-TR82	2021	1	2	222
Kayseri, Sivas, Yozgat-TR72	2023	3	8	320
	2020	83	318	383
	2021	93	316	340

Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir-TR71	2022	220	878	399
	2023	271	1063	392
Konya, Karaman- TR52	2020	3642	16607	456
	2021	5695	24780	435
	2022	5300	27067	517
	2023	5550	27708	499
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	209	601	287
	2021	289	718	248
	2022	354	910	257
	2023	281	691	246
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya-TR83	2020	55	221	406
	2021	131	448	343
	2022	83	288	347
	2023	440	1088	248
Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	22657	77893	344
	2021	22711	84929	374
	2022	23000	76994	335
	2023	13524	44329	328

Kaynak: TÜİK, 2024

2.5. Aspir (*Carthamus tinctorius L.*)

Aspir tohumlarının yağ oranı genellikle %35 ila %50 arasında değişir. Bu yağın yaklaşık %90'ı doymamış yağ asitlerinden (özellikle oleik ve linoleik asit) oluşur. Bunun yanında aspir tohumları %32-34 karbonhidrat, %14-15 protein, %5-8 nem ve %2-7 kül içerir. Aspir tohumu yağı ve küspesi gıda, hayvan yemi, biyodizel ve birçok farklı endüstriyel kullanım alanı bulunmaktadır. Bu nedenlerle aspir tohumları önemli bir tarımsal üründür. (Johnson vd., 1999; Çoşge vd., 2007; Kopuk vd., 2019).

Türkiye 2020-2023 yılların aspir tohumu toplam ekim alanları sırasıyla (15 bin ha, 14 bin ha, 26 bin ha ve 32 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 2020 yılında 21 bin ton, 2021 yılında 16 bin ton, 2022 yılında 30 bin ton ve 2023 yılında 39 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Ekim alanları ve üretim miktarlarında son yıllarda artış gözlenmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre, iller bazında aspir tohumu ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde ekim alanı sırasıyla en fazla Kayseri (%31), Isparta (%12) ve Konya (%10) illerinde gerçekleşmiştir. Üretim miktarları bakımından ise Kayseri %29, Isparta %13 ve Konya %12 paya sahip olmuştur.

Çizelge 6. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Aspir Tohumu Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	2	4	200
	2022	100	64	64
	2023	130	121	93
Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan-TRA2	2020	5	7	146
	2021	11	12	115
	2022	5	7	137
	2023	3	4	154
Ankara-TR51	2020	4048	5675	140
	2021	3947	3974	101
	2022	3830	4185	109
	2023	3132	2411	77
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	165	275	166
	2021	274	375	137
	2022	2145	2599	121
	2023	4076	5123	126
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2021	5	4	80
	2022	5	5	100
	2023	17	17	103
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	167	291	174
	2021	145	258	178
	2022	284	391	138
	2023	248	316	128
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	129	154	120
	2021	189	207	109
	2022	209	187	90
	2023	299	325	109
Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	11	10	94
	2021	32	38	118
	2022	25	28	114
	2023	26	32	125
Kastamonu, Çankırı, Sinop-TR82	2020	240	307	128
	2021	359	458	128
	2022	530	547	103
	2023	700	723	103
Kayseri, Sivas, Yozgat-TR72	2020	861	1091	127
	2021	2125	2554	120

	2022	8533	8863	104
	2023	11263	12780	113
Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir-TR71	2020	3092	3950	128
	2021	3921	4185	107
	2022	5440	6913	127
	2023	7221	10086	140
Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova- TR42	2022	70	96	137
	2023	47	46	98
Konya, Karaman- TR52	2020	1755	2248	128
	2021	1578	1769	120
	2022	3327	3983	120
	2023	3682	5212	142
Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli-TRB1	2020	261	408	156
	2021	334	396	118
	2022	282	362	130
	2023	171	242	141
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	1022	1510	148
	2021	916	894	98
	2022	748	897	120
	2023	659	845	128
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya-TR83	2020	552	769	139
	2021	446	553	125
	2022	523	715	137
	2023	443	696	157
Şanlıurfa, Diyarbakır- TRC2	2020	5	5	100
	2021	3	3	91
	2022	3	3	91
	2023	10	12	121
Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	4	6	150
	2022	0	0	0
	2023	4	6	162
Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane-TR90	2020	700	921	132
	2021	152	165	109
	2022	170	141	83
Van, Muş, Bitlis, Hakkari-TRB2	2020	2097	3694	176
	2021	152	355	235
	2022	8	14	167
	2023	2	3	158

Kaynak: TÜİK, 2024

2.6. Susam (*Sesamum indicum* L.)

Susam tohumları, %55-58 oranında yağ ve %20-30 oranında protein içermektedir. Yağı kurumayan yağlardan olup yemeklik, şekerleme sanayisi ve fırıncılık gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Susam tohumu bileşiminde antioksidant etkili sesamin, sesaminol, sesamolin nedeniyle yağdaki bozulmaya karşı çok dayanıklıdır (Kaya ve Atakan, 2018).

Türkiye 2020-2023 yılların susam tohumu toplam ekim alanları sırasıyla (26 bin ha, 25 bin ha, 24 bin ha ve 22 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 2020 yılında 18 bin ton, 2021 ve 2022 yılında 17 bin ton ve 2023 yılında 16 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre, iller bazında susam tohumu ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde en fazla ekim alanı sırasıyla %26 ile Antalya, %18 ile Manisa ve %17 ile Uşak illerinde olmuştur. Üretim miktarları bakımından ise Antalya %30, Uşak %17 ve Manisa %16 paya sahiptir.

Çizelge 7. Türkiye İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Susam Tohumu Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin-TR62	2020	2301	1950	91
	2021	2525	2083	87
	2022	2099	1590	76
	2023	1819	1279	79
Ankara-TR51	2020	5	2	44
	2021	3	1	40
	2022	2	1	67
	2023	2	1	67
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	5437	4529	83
	2021	5702	4799	84
	2022	5812	4947	85
	2023	5775	4981	86
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	3620	3826	106
	2021	2738	2527	92
	2022	2226	2098	94
	2023	2075	2081	100
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	1964	1287	66
	2021	1710	1048	61

	2022	1523	966	63
	2023	1211	768	63
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	16	13	80
	2021	15	10	66
	2022	7	4	54
	2023	10	7	69
Erzurum, Erzincan, Bayburt-TRA1	2021	2	1	50
	2022	2	1	56
	2023	2	1	53
Gaziantep, Adıyaman, Kilis- TRC1	2020	216	149	69
	2021	172	123	71
	2022	207	152	73
	2023	143	112	78
Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	1110	304	27
	2021	1132	399	35
	2022	1160	440	38
	2023	1166	354	30
İzmir-TR31	2020	11	9	82
	2021	11	9	82
	2022	3	3	100
	2023	1	1	100
Konya, Karaman- TR52	2020	758	327	43
	2021	1023	338	37
	2022	1131	457	40
	2023	1163	467	40
Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli- TRB1	2020	48	20	42
	2021	46	16	35
	2022	68	32	47
	2023	84	44	53
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	9498	5835	61
	2021	10180	6147	60
	2022	9545	6265	66
	2023	8067	5696	71
Mardin, Batman, Şırnak, Siirt-TRC3	2020	35	25	76
	2021	30	23	77
	2022	303	255	84
	2023	290	240	83
Şanlıurfa, Diyarbakır-TRC2	2020	585	317	54
	2021	121	46	42
	2022	109	57	52
	2023	116	57	49

Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	11	7	63
	2021	10	7	69
	2022	23	12	52
	2023	22	11	49
Van, Muş, Bitlis, Hakkari-TRB2	2020	53	48	92
	2021	66	80	121
	2022	66	86	130
	2023	77	90	118

Kaynak: TÜİK, 2024

2.7. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.), baklagiller familyasına ait olan yağlı tohumlu bir bitkidir. Bu bitkinin tohumlarının yağ oranı genellikle %45 ile %55 arasında değişebilir. Aynı zamanda % 25 oranında protein içermesi, amino asitler, vitamin ve minerallerce zenginliği ile insan sağlığı açısından değerli bir bitki (Şahin,dir. Yerfıstığı yağı, hem gıda hem de endüstriyel alanlarda çok yönlü bir şekilde kullanılan değerli bir bitkisel yağdır. Besin değeri ve sağlık faydaları nedeniyle popülerliği giderek artmaktadır (Şahin, 2014; Önemli, 2005).

Türkiye 2020-2023 yılların yerfıstığı toplam ekim alanları sırasıyla (54 bin ha, 57 bin ha, 45 bin ha ve 46 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 2020 yılında 215 bin ton, 2021 yılında 234 bin ton, 2022 yılında 186 bin ton ve 2023 yılında 185 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre, iller bazında yerfıstığı ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde ekim alanı sırasıyla en fazla Adana (%45), Osmaniye (%24) ve Şırnak (%14) illerinde gerçekleşmiştir. Üretim miktarları bakımından ise Adana %48, Osmaniye %23 ve Şırnak %13 olarak yer almıştır.

Çizelge 8. Türkiye İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Yerfıstığı Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Adana, Mersin- TR62	2020	27623	115122	417
	2021	28488	120422	423
	2022	22753	94305	414
	2023	21446	91140	425
Ankara-TR51	2020	0	2	667

	2021	0	1	1000
	2023	0	1	1000
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	1473	5674	385
	2021	1703	6618	389
	2022	1722	6896	401
	2023	1775	7105	400
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	1122	4143	369
	2021	1101	4059	369
	2022	754	2757	366
	2023	675	2625	389
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	37	96	260
	2021	35	99	284
	2022	31	104	338
	2023	24	79	331
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2022	0	0	0
	2023	0	1	1000
Gaziantep, Adıyaman, Kilis- TRC1	2020	576	2253	391
	2021	779	3055	392
	2022	1137	4816	424
	2023	1386	6010	434
Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye-TR63	2020	17301	62985	364
	2021	18014	69602	386
	2022	13890	57369	413
	2023	13750	53648	390
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak- TR33	2020	2	8	533
	2021	2	9	529
	2022	6	28	509
	2023	4	22	512
Mardin, Batman, Şırnak, Siirt-TRC3	2020	6375	24946	391
	2021	7558	29696	393
	2022	5300	19783	373
	2023	6815	24150	354
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya- TR83	2022	3	11	324
	2023	1	2	250
Şanlıurfa, Diyarbakır-TRC2	2020	28	96	339
	2023	13	52	391
Tekirdağ, Edirne, Kırklareli-TR21	2020	239	602	252
	2021	240	606	252
	2022	106	271	256
	2023	121	302	250

2.8. Haşhaş (*Papaver somniferum* L.)

Haşhaş tohumlarının yağ oranı genellikle %40 ila %55 arasında, protein içeriği %20-30 olarak değişebilir. Bu yüksek yağ içeriği, haşhaş tohumu yağının değerli bir bitkisel yağ kaynağı olarak kabul edilmesini sağlar. Tohum geleneksel olarak gıda amaçlı ekmelerde ve ezilerek hamur işlerinde kullanılmaktadır. Tohumun preslenmesi ile elde edilen yağ salatalarda ve kızartma yağı olarak mutfakta, ayrıca yarı kuruyan yağlardan olduğu için boya ve kozmetik sanayinde de kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye'de haşhaş ekimi, Birleşmiş Milletler Teşkilatı tarafından belirlenen 70 bin hektarlık limit dahilinde kışlık ve yazlık olarak gerçekleştirilmektedir. Haşhaş ekimi, Bakanlar Kurulu tarafından izin verilen il ve alanlarda, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü tarafından lisanslı, kontrollü ve kuru haşhaş kapsülü üretimi planlaması çerçevesinde gerçekleştirilir.

Türkiye 2020-2023 yılların haşhaş toplam ekim alanları sırasıyla (46 bin ha, 51 bin ha, 41 bin ha ve 22 bin ha) olarak gerçekleşmiştir. Üretim miktarları ise 2020 ve 2021 yılında 21 bin ton, 2022 yılında 12 bin ton ve 2023 yılında 8 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2023 yılı ortalama değerlerine göre, iller bazında haşhaş ekim alanları ve üretim miktarları payı incelendiğinde ekim alanı sırasıyla en fazla Afyonkarahisar (%29), Uşak (%16), Konya (%12) ve Denizli (%8) illerinde gerçekleşmiştir. Üretim miktarları bakımından ise Afyonkarahisar %24, Uşak %17, Konya %16 ve Denizli %12 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 9. Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırması 2020-2023 Yıllar Arası Haşhaş Tohumu Ekim, Üretim ve Verim Değerleri

İBBS (Bölgeler)		Ekilen Alan (Hektar)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Dekar)
Ankara-TR51	2020	335	211	67
	2021	261	142	57
	2022	66	22	45
Antalya, Isparta, Burdur-TR61	2020	3807	2069	69
	2021	5083	2079	50
	2022	4501	1311	49
	2023	2670	832	34
Aydın, Denizli, Muğla-TR32	2020	7899	2893	55
	2021	8724	2201	37

	2022	5562	1410	49
	2023	1921	1007	52
Balıkesir, Çanakkale-TR22	2020	461	264	61
	2021	538	144	35
	2022	253	95	41
	2023	176	78	44
Bursa, Eskişehir, Bilecik-TR41	2020	2076	960	61
	2021	2179	893	52
	2022	1504	558	55
	2023	596	282	47
Konya, Karaman-TR52	2020	7072	4681	76
	2021	7893	4938	71
	2022	6142	2295	54
	2023	2757	1321	54
Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak-TR33	2020	21001	8389	54
	2021	23307	9845	49
	2022	20190	5339	41
	2023	11474	3646	35
Samsun, Tokat, Çorum, Amasya-TR83	2020	3475	1075	40
	2021	3687	795	37
	2022	2941	1210	49
	2023	2661	756	33

Kaynak: TÜİK, 2024

3. SONUÇ

Türkiye'de yağlı tohumlu bitkilerin üretimi yeterli düzeyde değildir. Son yılların yağlı tohum ekim alanları ve üretim miktarları değerlendirildiğinde, üretimde ihtiyacımızı karşılayabilecek düzeyde önemli bir artışın olmadığı görülmüştür. Ülkemizde bitkisel yağ talebi nüfus artışına paralel olarak her geçen gün daha fazla artmaktadır. Bu nedenle yağlı tohumlar ve bitkisel yağlarda ham madde yönünden büyük oranda dışa bağımlıyız. Ülkemiz ithalatında yağlı tohumlar ve ham yağ ilk sıralarda yer alarak bunun için büyük döviz ödüyoruz. Bitkisel yağ açığını kapatmak ve kendine yeterli olabilmek için öncelikle yağ bitkilerinin ekim alanlarının genişletilmesi ve verimlerinin artırılması gerekmektedir. Mevcut ekim alanlarının sadece verimi artırarak bitkisel yağ ihtiyacını karşılamak yeterli olmayacaktır. Bunun için gerek nadas alanların gerek yeni sulanabilir ekim alanları değerlendirilmelidir. Bölgelerimizin/illerimizin iklim ve toprak özellikleri dikkate alınarak doğru planlamalar ile yağ oranı ve verimi yüksek çeşitler belirlenmeli ve gerekli

destekleme politikaları ile bu üretimlerde sürdürülebilir bir yapı sağlanmalıdır. Üniversiteler ve kamu kurumları iş birliğinde kısa orta ve uzun vadeli planlamalar geliştirilmelidir. Dolayısıyla, yağ bitkilerinin üretimini artırabilecek yeni alanlar belirlenmeli ve gerekli politikalar geliştirilmelidir. Sonuç olarak hedefimiz bu bitkiler yaygınlaştırılarak dışa bağımlılık azaltılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Arıoğlu, H., 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:220, Adana.
- Çoşge, B., Gürbüz, B., Kırılan, M., 2007. Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties Sown in Spring and Winter. International Journal of Natural and Engineering Sciences, 1(3): 11-15.
- Ekberli, İ., Kars, N., 2021. Soya bitkisinin (*Glycine max.* L. Merrill) verim parametreleri ile bazı fiziksel toprak özellikleri arasındaki deneysel ilişkilerin belirlenmesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 9(2) 42 – 53.
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#home> Erişim Tarihi: 20.06.2024.
- Ghiyasi, M., Tajbakhsh, M., Rahimi, A., Özdemir, F.A., 2016. Kolza (*Brassica napus* L.) Tohumlarında Çimlenme ve Anormal Çim Oranı Üzerine, Chenopodium album L. 'un Allelopatik Etkisi /BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 5(2), 225-228.
- Johnson, RC., Bergman, JW., Flynn, CR., 1999. Oil and Meal Characteristics of Core and Non-core Safflower Accessions from the USDA Collection. Genet. Res. Crop Evol., 46(6): 611-618.
- Kaya, M.D., Kulan, E.G., Şener, A., 2015. İç Anadolu Bölgesinde Yağ Bitkileri Üretim Potansiyeli. Ziraat Mühendisliği • Ekim- Kasım 2015, Sayı: 362.
- Kaya, C., Atakan, E., 2018. Adana İli Susam (*Sesamum indicum* L.) Üretim Alanlarında Bulunan Zararlı Ve Faydalı Türlerin Araştırılması, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yıl 2018 Cilt: 36-3.
- Kobuk M, Ekinci, K, Erbaş, S., 2019. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Tar Doğa Derg 22(1); 89-96, DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.455408.
- Kolsarıcı, Ö., Başlama, D, İşler, N., Arıoğlu, H., Gür, A., Olhan, E. ve Sağlam, C. 2000. Yağ Bitkileri Üretimi. Türkiye Ziraat Mühendisliği 5.Teknik Tarım Kongresi,17-21 Ocak 2000 Ankara, 485-503.
- Önemli, F., 2005. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) Bitkisinde Çiçeklenme ve Olgunlaşmanın Bazı İklim Değerleri İle İlişkileri, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005 2(3).
- Şahin, G., 2014. Türkiye’de Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) Yetiştiriciliği ve Bir Coğrafi İşaret Olarak Osmaniye Yerfıstığı Gaziantep University Journal of Social Sciences (<http://jss.gantep.edu.tr>) 2014 13 (3):619-644 ISSN: 1303-0094.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 15.06.2024

- Unakıtan G, Aydın B, 2012. An econometric analysis of soybean production in Turkey. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 9(1): 6-14.
- USDA, 2024. U.S. Department of Agriculture, <https://www.usda.gov/> Erişim Tarihi: 15.06.2024
- Yazıcı L, Çiçek S, Küçükataban F, Çoban M, Tuncel N., 2016. Nazilli 663 Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşidinde Farklı Gama Işını Dozlarının M1 Bitkilerinde Fide Gelişimi Üzerine Etkisi ve Uygun Gama Dozunun Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 25 ÖZEL SAYI-2 88–93.
- Yazici, L., Yılmaz, G., Gökalg, S., 2017. Bazı Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Çeşitlerinin Tokat Koşullarında Verim ve Alkaloid Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Doğa Bil. Derg., 20 (Özel Sayı), 313-317.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H., Arslan, Y., Çiftçi, V. Baloch, F. S. (2021). Ülkemizde Alternatif Yağ Bitkilerinin Durumu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (22), 93-100.

BÖLÜM 11

SIĞIRLARDA HASSAS ÜREME YÖNETİMİ VE KIZGINLIK TAHMİNİ

Dr. | Adil Koray YILDIZ^{1*}

Doç. Dr. | Mehmet Metin ÖZGÜVEN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13285990>

^{1*} Araştırma Görevlisi Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü. Yozgat, Türkiye. adilkorayyildiz@gmail.com Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6472-5276>

² Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, mmozguven@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6421-4804>

GİRİŞ

Modern tarımın dinamik ortamına teknolojinin entegrasyonu tarımda gelişmenin göstergesi haline gelmiştir. Dikkate değer gelişmeler arasında hassas hayvancılık, hayvancılıkta geleneksel uygulamalarda devrim yaratan dönüştürücü bir yaklaşım olarak öne çıkıyor. Bu paradigma içerisinde, operasyonları kolaylaştırmak ve sonuçları optimize etmek için bilgisayar tabanlı sistemlerden yararlanan hassas sürü yönetimi kavramı ortaya çıkmıştır. Modern hayvancılıkta Hassas Sürü Yönetiminin uygulanması, en ileri teknolojilerin entegrasyonu sayesinde giderek daha önemli hale gelmiştir. Tedeschi vd. (2021) tarafından açıklandığı gibi, sensör geliştirmedeki son gelişmeler süt sığırlarında kızgınlık tespitine büyük katkıda bulunarak geleneksel sürü yönetimi uygulamalarında devrim yaratmıştır. Bu bölüm hassas hayvancılık çiftçiliğinin belirli bir yönünü, büyük baş hayvanlarda kızgınlığın (Östrus) kesin tahmini konusunu ele alırken bu uygulamanın yapay zekâ alanıyla kesişimini ortaya koymaktadır.

Tarımsal sistemler geliştikçe, verimli ve sürdürülebilir hayvancılık yönetimi uygulamalarına duyulan ihtiyaç giderek daha belirgin hale gelmektedir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin yönlendirdiği hassas sürü yönetimi, genel etkinliği artırmayı, iş yoğunluğunu azaltmayı ve bakım altındaki hayvanların refahını iyileştirmeyi amaçlayan bir dizi tekniği kapsar. Hassas sürü yönetiminin temel hedeflerinden biri, özellikle süt hayvancılığı bağlamında büyükbaş hayvanlarda kızgınlık döngüsünün doğru tahmini ve yönetimidir. Bu bölüm, büyükbaş hayvanlarda kızgınlık döneminin tahmin edilmesiyle ilgili zorluklara ve karmaşıklıklara özel olarak odaklanarak, hassas sürü yönetiminin temel ilkeleri ve hedeflerinin derinlemesine araştırılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca kızgınlık tespiti için kullanılan geleneksel yöntemler de incelenecek ve bu yaklaşımların doğasında olan sınırlamalar ve karmaşıklıklar vurgulanacaktır. Kızgınlığın tahmin edilmesinde yapay zekanın kullanılması, yalnızca mevcut zorluklara yenilikçi bir çözüm sunmakla kalmaz, aynı zamanda büyükbaş hayvanların genel üreme yönetiminin iyileştirilmesine yönelik yollar da açmaktadır. Geleneksel hayvancılık uygulamaları ile en son teknolojik çözümler arasındaki boşluğu doldurmak, her iki alanın da incelikli bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Bu bölüm, hassas sürü yönetimi, kızgınlık tahmininin önemi ve bu uygulamaların geliştirilmesinde yapay zekanın

dönüştürücü rolünün daha derinlemesine anlaşılmasına zemin hazırlayan kapsamlı bir rehber olmayı amaçlamaktadır.

1. HASSAS SÜRÜ YÖNETİMİ VE TEMEL HEDEFLER

Modern tarımın sürekli gelişen ortamında hassas sürü yönetimi, hayvancılıkta geleneksel paradigmaları yeniden tanımlamak için en son teknolojilerden yararlanan bir kilometre taşıdır. Bianchi vd. (2022), hassas hayvancılık teknolojilerinin süt sığırcı çiftliklerindeki yayılma sürecini detaylı bir şekilde ele almıştır. Hassas Sürü Yönetimi, sürü operasyonlarının çeşitli yerlerini optimize etmek için ileri teknolojilerden yararlanarak, büyük ölçekli süt hayvancılığının çağdaş ortamında çok önemli bir hale gelmiştir. Rotz vd. (2002), otomatik sağım sistemlerinin ekonomik yönlerini inceleyerek, hassas sürü yönetiminin yalnızca verimliliği artırmakla kalmayıp aynı zamanda süt işletmelerinin finansal sürdürülebilirliğine de nasıl katkıda bulunduğunu ortaya komuşlardır. Ayrıca Piette vd. (2020) sürünün refahı için teknolojinin entegrasyonunu sergileyerek hassas yönetimin önemli bir bileşeni olan ineklerde otomatik topallık tespiti'nin önemini vurgulamaktadır. Jain vd. (2023), büyükbaş hayvanların vücut ısısı, kalp hızı ve aktivite seviyesi gibi fizyolojik parametrelerini sürekli olarak izleyen 'My Herd' sistemi geliştirmiş ve bu verileri IoT düğümleri üzerinden ThingSpeak bulut platformuna ileterek MATLAB algoritmalarıyla analiz etmiştir. Ayrıca Lovarelli vd. (2020), hassas hayvancılığın sürdürülebilir üretim için bir çözüm olup olmadığını kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu bölümde süt ürünleri sektörüne özel bir vurgu yapılarak, hayvancılık üzerindeki dönüştürücü etkisini destekleyen temel ilkelerini ve temel hedeflerini açıklayarak HSY'nin karmaşık katmanları ele alınmıştır.

1.1. Hassas Sürü Yönetiminde Teknolojik Entegrasyon

Özünde HSY, hayvancılık alanında gelişmiş bilgisayar tabanlı sistemlerin, otomasyonun ve veri analitiğinin simbiyotik bir entegrasyonudur. Bu teknolojiler, sağlığın izlenmesinden üreme stratejilerine kadar sürü yönetiminin temel yönlerini optimize etmek için sinerjik olarak çalışır. Sensör teknolojilerinin, RFID'nin (Radyo Frekansı Tanımlama) ve gelişmiş yazılım çözümlerinin ortaya çıkışı, gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve bilinçli karar

almayı mümkün kılarak geleneksel, emek yoğun yöntemlerden otomatik yöntemlere doğru bir paradigma değişimine sebep olmuştur.

1.2. Verimliliğin ve İşgücü Optimizasyonunun Artırılması

HSY'nin temel amacı genel operasyonel verimliliğin arttırılmasıdır. HSY, sağım, yemleme ve sağlığın izlenmesi gibi rutin görevleri otomatikleştirerek çiftlik operatörlerini sıradan sorumluluklardan kurtararak, çabalarını stratejik karar alma ve bütünsel sürü yönetimine yönlendirmelerine olanak tanır. Bu sadece iş yoğunluğunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sürünün dinamik ihtiyaçlarına daha proaktif ve duyarlı bir yaklaşımı da teşvik eder.

1.3. Sağlık Yönetimi ve Hastalıkların Önlenmesi

Sürünün sağlığı ve refahı, hassas sürü yönetiminde en önemli husustur. HSY sistemleri, çeşitli sensörler ve veri noktaları aracılığıyla sağlığın sürekli izlenmesine olanak tanıyarak hastalıkların erken tespitini ve önleyici tedbirleri kolaylaştırır. Bu proaktif yaklaşım, hastalıkların tek tek hayvanlar üzerindeki etkisini en aza indirmekle kalmaz, aynı zamanda sürünün genel dayanıklılığına da katkıda bulunarak sağlıklı ilgili sorunlarla bağlantılı ekonomik kayıpları azaltır.

1.4. Üreme Optimizasyonu

HSY'nin kapsamlı çerçevesi içindeki temel taşlardan biri üreme stratejilerinin optimizasyonudur. Her hayvanın üreme potansiyelinin en üst düzeye çıkarılması, kızgınlık döngüsünün hassas takibi ve yönetimi yoluyla mümkün hale gelir. Bireysel üreme geçmişlerine ilişkin gerçek zamanlı veriler, yapay zekâ destekli tahmine dayalı modellerle birleştiğinde, çiftçilerin tohumlama zamanlaması konusunda bilinçli kararlar almasına olanak tanır ve sonuçta buzağı üretiminin artmasına ve süt veriminin sürdürülebilir olmasına katkıda bulunur.

1.5. Veriye Dayalı Karar Verme

HSY'nin temeli, veriye dayalı karar almaya yapılan vurgudur. Süt üretim ölçümlerinden davranış modellerine kadar toplanan geniş veri yelpazesi, sürünün genel sağlığı ve performansı hakkında değerli bilgiler sağlar. Bu

verilerin analiz edilmesi, çiftçilere hedefe yönelik müdahaleler uygulama, besleme rejimlerini optimize etme ve yönetim uygulamalarını her hayvanın kendine özgü ihtiyaçlarına göre uyarlama ve böylece üretkenliği en üst düzeye çıkarma gücü vermektedir. Özetle, hassas sürü yönetimi, hayvancılıkta verimliliği, sağlığı ve üreme sonuçlarını artırmak için teknolojinin gücünden yararlanarak geleneksel uygulamaların ötesine geçer.

2. BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA KIZGINLIK DÖNEMİ VE ÖNEMİ

Büyükbaş hayvanlarda kızgınlık döneminin anlaşılması ve etkili bir şekilde yönetilmesi, özellikle süt hayvancılığı bağlamında, üreme başarısı ve genel sürü verimliliği açısından çok önemlidir. Pursley vd. (1998), senkronize ovulasyon ve suni tohumlamayla ilgili değerli görüşlere katkıda bulunarak bunların süt sığırlarında gebe kalma oranları üzerindeki derin etkilerini açıklamışlardır. Kızgınlığın doğru tespit edilmesi, süt verimliliği, veteriner maliyetleri ve doğum aralıklarının uzaması gibi ekonomik kayıpların önüne geçilmesi açısından kritiktir. Kızgınlık tespitinde kullanılan yöntemler arasında pedometreler, montaj cihazları, sıcaklık ve hormon ölçümleri bulunmaktadır (Roelofs vd., 2010). Pereira ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında, kızgınlığın ifade edilmesinin süt ineklerinde doğurganlığı artırdığı ve gebelik kayıplarını azalttığı bulunmuştur. Firk vd. (2002) çeşitli kızgınlık tespit yöntemlerini titizlikle araştırmış ve bunların süt ineklerinde tohumlamanın kesin zamanlaması üzerindeki etkilerine ışık tutmuştur. Bu kapsamlı çalışmalar, toplu olarak kızgınlık döneminin çok yönlü doğasını ve büyükbaş hayvan üreme yönetiminde büyük önemini vurgulamaktadır. Bu bölümde kızgınlık döngüsünün incelikleri, fizyolojik önemi ve modern hayvancılık yönetimi bağlamında oynadığı kritik rol ele alınmaktadır.

2.1. Kızgınlık Döngüsünün Fizyolojik Dinamiği

Büyükbaş hayvanların üreme fizyolojisinin temel bir yönü olan kızgınlık döngüsü, bir dizi karmaşık hormonal ve fizyolojik değişiklikleri kapsar. Tipik olarak 21 gün süren döngü, proöstrus, östrus, meöstrus ve diöstrus dahil olmak üzere farklı aşamalardan oluşur. Artan fiziksel aktivite ve sıçrama davranışı gibi davranışsal ipuçlarının ortaya çıkışı, başarılı suni tohumlama için en uygun zamanı işaret eden kızgınlık aşamasını karakterize eder.

2.2. Üreme Başarısıyla İlişkisi

Süt hayvancılığında üreme başarısı için kızgınlık döngüsünün zamanında tespiti ve etkili yönetimi çok önemlidir. Kızgınlık sırasında doğal çiftleşme davranışları sergileyen inekler, başarılı suni tohumlama için dar bir zaman dilimi içerisindeyler. Kızgınlık döngüsüyle uyumlu tohumlamanın stratejik zamanlaması, gebelik oranlarını, buzağı üretimini ve sonraki laktasyon dönemlerini doğrudan etkiler. Bu nedenle, kızgınlık dönemini doğru bir şekilde tahmin etme ve yönetme yeteneği, bir süt hayvanı sürüsünün üreme verimliliğinde temel taşıdır.

2.3. Süt Üretimi ve Yem Verimliliği Üzerindeki Etkisi

Üreme başarısındaki rolünün ötesinde kızgınlık döngüsü süt üretim dinamiklerini önemli ölçüde etkiler. Kızgınlık döngüsüyle yakından bağlantılı olan buzağılama sonrası erken laktasyon dönemi, süt verimliliğinin zirvesini temsil eder. Kızgınlık döngülerinin verimli bir şekilde yönetilmesi, uzun süreler boyunca yüksek süt verimi elde edilmesini sağlar, yem verimliliğini ve genel sürü sağlığını optimize eder. Bu ilişkinin farkına varılması ve bundan yararlanılması, yüksek süt üretimi seviyelerinin uzun süre sürdürülebilmesi için çok önemlidir.

2.4. Kızgınlık Tespitindeki Zorluklar

Fizyolojik önemine rağmen kızgınlık döneminin doğru bir şekilde tespit edilmesi zorluklar doğurmaktadır. Kızgınlık davranışının süresi ve yoğunluğundaki değişkenlik, çevresel koşullar ve sürü dinamikleri gibi dış faktörlerle birleştiğinde hassas tespitleri zorlaştırır. Görsel gözlemler ve davranışsal ipuçlarını içeren geleneksel yöntemler insan hatasına açıktır ve kızgınlık döngüsünün inceliklerini yakalayamayabilir. Sonuç olarak, büyükbaş hayvanlarda kızgınlık tespitinin doğruluğunu artırmak için ileri teknolojilere kritik bir ihtiyaç vardır.

2.5. Kızgınlık Yönetimine Yönelik Teknolojik Müdahaleler

Kızgınlık tespitinin doğasında var olan zorlukları ele alan teknolojik müdahaleler, modern süt hayvancılığında etkili hale gelmiştir. Pedometreler ve elektronik sensörler gibi otomatik sistemler, kızgınlık döngüsüyle ilişkili davranış değişikliklerinin sürekli izlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, genellikle

yapay zekâ algoritmalarıyla entegre edilen hassas sürü yönetimi yazılımı, gerçek zamanlı veri analitiği sağlayarak daha doğru kızgınlık tahminlerini ve bilinçli karar almayı kolaylaştırır. Sonuç olarak, büyük baş hayvanlarda kızgınlık dönemi; üreme başarısı, süt üretimi optimizasyonu ve genel sürü sağlığı açısından temel bir öneme sahiptir. Fizyolojik öneminin anlaşılması ve doğru tespitin zorluklarının ele alınması, modern hayvancılık yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine yönelik önemli adımlardır. Sonraki bölümde kızgınlık tespiti için kullanılan çeşitli yöntemler incelenecek, büyükbaş hayvanlar bağlamında bunların karmaşıklıkları ve sınırlamaları açıklanacaktır.

3. KIZGINLIK TESPİTİNDE YÖNTEMLER VE ZORLUKLAR

Büyükbaş hayvanlarda etkili kızgınlık tespiti, üreme başarısını ve sürü verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için çok önemlidir. Yapılan birçok çalışmada tespit için yöntemler ortaya konmuş ve geleneksel veya modern yöntemlerde karşılaşılan zorluklar belirtilmiştir. Görsel gözlem yöntemleri, büyükbaş hayvanlarda kızgınlık tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Xu vd., 1998). Nelson ve ekibinin (2017) çalışmasında, otomatik aktivite izleme sistemlerinin Hereford sığırlarında kızgınlık tespitinde görsel gözlemden daha yüksek doğruluğa sahip olduğu ve bu sistemlerin kullanımının üreme performansını iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır Reith ve Hoy'un (2017) araştırmasında, kızgınlık tespiti için kullanılan geleneksel görsel gözlem yöntemlerinin zaman alıcı ve etkisiz olduğu, buna karşılık tam otomatik sistemlerin etkinliği artırmada büyük bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Higaki ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, sürekli vajinal sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri ile denetimli makine öğrenimi kullanılarak sığırların kızgınlığının gerçek zamanlı olarak etkin ve doğru bir şekilde tespit edilebileceği bulunmuştur. Bu bölüm, kızgınlık tespiti için kullanılan yöntemler dizisini inceleyerek, bunların güçlü yönlerini, sınırlamalarını ve üreme döngüsündeki bu kritik aşamayı doğru bir şekilde tanımlamanın doğasında var olan zorlukları vurgulamaktadır.

3.1. Geleneksel Kızgınlık Tespit Yöntemleri

Geçmişte kızgınlık tespiti büyük ölçüde görsel gözlemlere ve hayvanlar tarafından sergilenen davranışsal ipuçlarına dayanıyordu. Bu geleneksel

yöntemler, fiziksel aktivitedeki değişiklikleri, üreme davranışını ve kızgınlık döngüsüyle ilişkili diğer göstergeleri değerlendiren vasıflı çiftlik personeli tarafından yakından izlemeyi içerir. Uygun maliyetli olmasına rağmen bu yöntemler subjektiftir, emek yoğunudur ve insan hatasına açıktır. Ayrıca barınma koşulları ve sürü dinamikleri gibi çevresel faktörler görsel gözlemlerin doğruluğunu etkileyebilir.

3.2. Biyometrik ve Fizyolojik Göstergeler

Teknolojideki ilerlemeler kızgınlık tespiti için biyometrik ve fizyolojik göstergeleri ortaya çıkarmıştır. Örneğin adım ölçerler fiziksel aktivitedeki değişiklikleri ölçerek kızgınlığın başlangıcına ilişkin değerli bilgiler sağlar. Ek olarak sıcaklığı, geviş getirme düzenlerini ve hatta hormon seviyelerini izleyen elektronik sensörler kızgınlık döngüsünün daha kapsamlı anlaşılmasına katkıda bulunur. Ancak bu göstergelerin doğru bir şekilde yorumlanması, bireysel değişkenlik ve çevresel etkilerin incelikli bir şekilde anlaşılmasını gerektirir.

3.3. Otomatik Sistemler ve Elektronik Cihazlar

Otomatik sistemlerin ve elektronik cihazların entegrasyonu, kızgınlık tespitinde yeni bir hassasiyet çağını başlatmıştır. Video kameralar, eşleştirme dedektörleri ve termal görüntüleme cihazları sürekli izleme sunarak gerçek zamanlı veri toplama ve analize olanak tanır. Bu teknolojiler daha objektif ve zamanında kızgınlık tespitine katkıda bulunarak insan gözlemine bağımlılığı azaltır. Bununla birlikte, özellikle elektronik cihazların çeşitli çevre koşullarında ve kalabalık ahır ortamlarında doğruluğunun sağlanmasında zorluklar devam etmektedir.

3.4. Kızgınlık Tespitindeki Zorluklar

Mevcut yöntemlerin çeşitliliğine rağmen, kızgınlık tespiti çok yönlü zorluklara yol açmaktadır. Bireysel hayvanlar arasında kızgınlık davranışlarının süresi ve yoğunluğundaki değişkenlik, özel bir yaklaşım gerektirir. Ayrıca stres, beslenme ve sağlık durumu gibi dış faktörler kızgınlık davranışlarının ifadesini etkileyerek doğru tespitini karmaşıklığını artırabilir. Kızgınlık döneminin kısa sürmesi sorunu daha da arttırmakta ve hızlı ve kesin müdahale gerektirmektedir.

3.5. Yapay Zekanın Entegrasyonu

Kızgınlık tespitindeki zorlukların üstesinden gelmek için yapay zekanın entegrasyonu önem kazanmıştır. Yapay zekâ algoritmaları, makine öğrenimi modelleriyle birleştiginde davranışsal, fizyolojik ve çevresel parametreleri kapsayan büyük veri kümelerini analiz edebilir. Bu, kızgınlık başlangıcının daha ayrıntılı ve doğru tahminini kolaylaştırır. Ancak yapay zekâ modellerinin etkinliği, girdi verilerinin kalitesine ve çeşitliliğine bağlıdır ve çiftlik koşullarındaki doğal değişkenlik göz önüne alındığında, evrensel olarak uygulanabilir modellerin geliştirilmesinde zorluklar devam etmektedir. Sonuç olarak, kızgınlık tespit yöntemleri geleneksel, emek yoğun yaklaşımlardan; gelişmiş, teknoloji odaklı çözümlere doğru evrilmiştir. Her yöntem, kızgınlık yönetimine bütünsel ve entegre bir yaklaşımın önemini vurgulayarak benzersiz avantajlar ve zorluklar getirmiştir. Sonraki bölümde yapay zekanın, özellikle de yapay sinir ağlarının, büyükbaş hayvanlarda kızgınlık tespitindeki zorlukların aşılmasına ve üreme yönetiminin geliştirilmesine nasıl katkıda bulunduğu incelenecektir.

4. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ KIZGINLIK TAHMİNİ

Daha doğru ve etkili kızgınlık tahmini arayışında, yapay zekanın hayvancılık yönetimiyle birleştirilmesi, dönüştürücü bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Yapay zekâ kullanımı ve geleneksel yöntemler karşılaştırılmaktadır. Örneğin, Maatje ve ekibinin (1997) çalışmasında, pedometre kullanarak yapılan tahminlerin, sığırlarda kızgınlık başlangıcından 6 ila 17 saat sonra yapılan tohumlamanın en yüksek gebelik oranlarına sahip olduğunu gösterdiği belirlenmiştir. Romadhonny ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, çoklu lojistik regresyon yöntemi kullanılarak süt ineklerinde östrus döngüsünün %83.2 doğruluk oranıyla tahmin edilebileceği bulunmuştur. Li Hao-bang'ın (2011) çalışmasında, yapay tohumlama bilgisayar yazılımı kullanılarak sığırların kızgınlık dönemlerinin rektal muayeneye kıyasla daha yüksek başarı oranlarıyla tahmin edilebileceği gösterilmiştir. Higaki ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, sürekli vajinal sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri ile denetimli makine öğrenimi kullanılarak sığırların kızgınlığının gerçek zamanlı olarak etkin ve doğru bir şekilde tespit edilebileceği bulunmuştur. Andrade vd. (2021) çalışmasında, Gyr cinsi süt sığırlarında rasgele orman modeli kullanılarak yapılan kızgınlık tahmininin diğer modellere

kıyasla en iyi performansı gösterdiği sonucuna varılmıştır. Asaoka ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında, vajinal sıcaklık ve elektriksel direnç verilerinin sürekli dalgacık dönüşümü ve normalize edilmiş spektrum indeksi kullanılarak analiz edilmesinin, yapay tohumlama için optimal zamanın tahmin edilmesinde etkili olduğu gösterilmiştir. Bu bölümde yapay zekâ destekli kızgınlık tahmininin incelikleri ele alınmakta, altta yatan metodolojiler, teknolojik müdahaleler ve özellikle süt hayvancılığı bağlamında büyükbaş hayvanlarda üreme yönetimi üzerindeki potansiyel etki araştırılmaktadır.

4.1. Hayvancılık Yönetiminde Yapay Zekanın Temelleri

Yapay zekâ, özellikle makine öğrenimi, kızgınlık döngüsüyle ilişkili karmaşık veri kümelerinin analizinde ve yorumlanmasında bir paradigma değişikliği sağlar. Hayvancılık yönetimi alanında yapay zekâ algoritmaları kalıpları tanıma, tahminlerde bulunma ve dinamik koşullara uyum sağlama konusunda başarılıdır. Hesaplamalı modellemenin ve veriye dayalı karar almanın gücünden yararlanarak kızgınlık başlangıcını tahmin etmede, yapay zekanın, özellikle yapay sinir ağlarının (YSA) kullanımı önemli bir yere gelmiştir.

4.2. Yapay Sinir Ağları: Hassasiyet Arttırma

Yapay sinir ağları, bilgiyi işleyen ve analiz eden birbirine bağlı düğümlerden oluşan insan beyninin yapısını ve işleyişini taklit eder. Kızgınlık tahmini bağlamında, YSA'ların geniş ve çeşitli veri kümeleri içindeki karmaşık modelleri tanıma kapasiteleri nedeniyle oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır. YSA'ların eğitimi, sistemi geçmiş verilere maruz bırakmayı, öğrenmesini ve edinilen bilgiye dayanarak tahminler yapmasını sağlamayı içerir. YSA'ların uyarlanabilirliği, onları kızgınlık davranışının incelikli ve dinamik doğası için özellikle uygun hale getirir.

4.3. Çok Yönlü Veri Girişlerinin Entegrasyonu

Yapay zekâ destekli kızgınlık tahmininin etkinliği, çok yönlü veri girişlerinin entegrasyonunda yatmaktadır. Yapay zekâ modelleri, fiziksel aktivite ve davranışsal ipuçları gibi geleneksel parametrelerin ötesinde, çevresel koşullar, sağlık kayıtları ve genetik faktörler de dahil olmak üzere çeşitli veri kümelerini işleyebilir ve analiz edebilir. Bu bütünsel yaklaşım,

bireysel varyasyonların ve dış etkilerin karmaşıklığını yakalayıp kızgınlık tahminlerinin doğruluğunu artırmaktadır.

4.4. Geçek Zamanlı İzleme ve Karar Destek Sistemleri

Yapay zekâ, sürekli veri toplama ve analiz yoluyla kızgınlık davranışının gerçek zamanlı izlenmesini kolaylaştırır. Bu, suni tohumlama gibi müdahaleler için, gebe kalma için en uygun pencereye uygun olarak zamanında karar verilmesini sağlar. Yapay zekâ tarafından desteklenen Karar Destek Sistemleri (KDS), sürünün gelişen koşullarına dayalı olarak eyleme geçirilebilir bilgiler sağlayarak proaktif üreme yönetimine katkıda bulunurlar.

4.5. Zorluklar ve Hususlar

Yapay zekâ muazzam bir potansiyel sunarken, kızgınlık tahminine uygulanmasında zorluklar devam etmektedir. Giriş verilerinin kalitesi ve çeşitliliği yapay zekâ modellerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkiler. Ayrıca, model geliştirmede hesaplamalı kaynaklara ve uzmanlığa duyulan ihtiyaç, bazı tarım operasyonları için engel teşkil edebilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek, araştırmacıların, teknoloji geliştiricilerin ve çiftlik operatörlerinin dahil olduğu işbirlikçi bir yaklaşımı gerektirir.

4.6. Geleceğe Yönelik Gelişmeler ve Potansiyel Etki

Yapay zekâ ilerlemeye devam ettikçe tahmine dayalı analitik, makine öğrenimi ve gerçek zamanlı izlemenin entegrasyonu kızgınlık tahmininde devrim yaratmaya devam edecektir. Potansiyel etki, iyileştirilmiş üreme sonuçlarının ötesine geçerek sürü sağlığı, üretkenlik ve kaynak optimizasyonunun daha geniş yönlerini kapsamaktadır. Gelecekteki yönelimler arasında yapay zekâ modellerinin iyileştirilmesi, kullanıcı dostu uygulamaların geliştirilmesi ve çeşitli tarım ortamlarında yaygın olarak benimsenmesinin teşvik edilmesi yer almaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ destekli kızgınlık tahmini, hassas hayvancılıkta bir sınırı temsil eder.

5. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Büyükbaş hayvan üreme yönetimi alanında, özellikle kızgınlık tahminine odaklanarak, geleneksel metodolojilerin en son teknolojilerle, özellikle de yapay zekâyla birleştirilmesi, yeni sınırları ortaya çıkarmıştır.

Hassas sürü yönetiminin araştırılması, üreme başarısının elde edilmesinde ve sürü verimliliğinin optimize edilmesinde kızgınlık tahmininin kritik rolünün altını çizer. Geleneksel yöntemler temel olmakla birlikte, öznellik ve insan gözlemine dayanma açısından sınırlamalar vardır. Biyometrik cihazlardan karmaşık yapay zekâ algoritmalarına kadar uzanan teknolojik müdahalelerin ortaya çıkışı, kızgınlık tespitine yeni yaklaşımlar getirmiştir. Bu teknolojiler, gerçek zamanlı izleme, veriye dayalı karar desteği ve daha doğru tahminler yapma potansiyeli sunarak geleneksel yöntemlerle ilişkili zorlukları hafifletir. Büyük baş hayvanlarda kızgınlık döneminin önemi, üreme başarısı, süt üretimi ve yem verimliliği bağlamında açıklanmış olup, kesin kızgınlık tahmin yöntemlerine olan ihtiyacı güçlendirmektedir. Davranış değişikliği ve dış faktörler gibi kızgınlığın tespit edilmesindeki zorluklar, daha yüksek doğruluk için karmaşık çözümler gerektirir. Yapay zekanın, özellikle de yapay sinir ağlarının kızgınlık tahmini alanına dahil edilmesi, dönüştürücü bir yaklaşım olarak incelenmiştir. Yapay zekâ modelleri, çok yönlü veri kümelerini işleme, dinamik koşullara uyum sağlama ve gerçek zamanlı bilgiler sağlama gibi yetenekleriyle ön plana çıkmaktadır. Yapay zekanın karar destek sistemlerine entegrasyonu proaktif üreme yönetimi için bir fırsat sunmaktadır.

5.1. Kızgınlık Tahmin Araştırmasında Gelecekteki Yönelimler

Kızgınlık tahmini araştırmasının geleceği düşünüldüğünde, umut verici birkaç yön öne çıkmaktadır. Bunlar:

- **Yapay Zekâ Modellerinin İyileştirilmesi:** Yapay zekâ modellerinin, makine öğrenimi algoritmaları ve veri işleme tekniklerindeki gelişmeleri birleştirerek sürekli olarak iyileştirilmesi ve optimizasyonu, kızgınlık tahmin sistemlerinin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini artıracaktır.
- **Disiplinlerarası İş birliği:** Tarım, veterinerlik bilimi, veri bilimi ve teknoloji geliştirme uzmanları arasındaki disiplinler arası iş birliğinin teşvik edilmesi, kızgınlık tahminine yönelik bütünsel yaklaşımları teşvik edecektir. Bu iş birliği, çeşitli veri kümelerinin entegrasyonunun karmaşıklığını giderebilir ve çeşitli tarım ortamlarında pratik uygulanabilirlik sağlayabilir.
- **Kullanıcı Dostu Teknolojiler:** Yapay zekâ destekli kızgınlık tahmin teknolojilerinin günlük tarım uygulamalarına

entegrasyonunu kolaylaştırmak, kullanıcı dostu arayüzlerin geliştirilmesini gerektirir. Erişilebilir, sezgisel ve farklı operasyonel koşullara uyarlanabilen teknolojiler, daha geniş çapta benimsenmeyi kolaylaştıracaktır.

5.2. Pratik Uygulamalar ve Uygulama Zorlukları

Yapay zekâ destekli kızgınlık tahmininin potansiyel faydaları önemli olsa da pratik uygulama bazı zorluklarla karşı karşıyadır:

- **Kaynak Gereksinimleri:** Yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesi, hesaplama kaynaklarına, altyapıya ve eğitime ilk yatırımları gerektirebilir. Daha küçük tarım operasyonları kaynak kullanılabilirliği ve uzmanlık açısından engellerle karşılaşabilir.
- **Veri Gizliliği ve Güvenliği:** Yapay zekâ kapsamlı veri girdilerine dayandığından, veri gizliliği ve güvenliğiyle ilgili endişelerin ele alınması gerekir. Paydaşların güvenini kazanmak için veri toplama, depolama ve kullanıma yönelik sağlam protokoller geliştirmek zorunludur.
- **Geleneksel Yöntemlerle Entegrasyon:** Yapay zekâ destekli kızgınlık tahmininin tek başına bir çözüm değil, tamamlayıcı bir araç olduğunun bilincinde olarak, bu teknolojilerin geleneksel yöntemlerle entegre edilmesi çok önemlidir. Bu hibrit yaklaşım, daha kapsamlı ve güvenilir bir kızgınlık tespit sistemine olanak tanır.

6. SONUÇ: Hassas Hayvancılık Yönetimine Doğru

Sonuç olarak yapay zekanın kızgınlık tahminine entegrasyonu, hassas hayvancılık yönetimde yeni bir çağın habercisidir. Geleneksel yöntemlerden ileri teknolojilere uzanan yolculuk, üreme sonuçlarını optimize etme, süt üretimini artırma ve genel sürü sağlığını sağlama konusundaki kararlılığı yansıtmaktadır. Zorluklar mevcut olsa da potansiyel faydalar yapay zekâ destekli kızgınlık tahminini modern tarım uygulamaları için dönüştürücü bir araç olarak konumlandırmaktadır. Teknoloji ve tarımın kesiştiği noktada ilerlerken, hassas hayvancılık yönetimi arayışı da gelişmeye devam etmektedir.

Yapay zekanın kızgınlık tahminine entegrasyonu, daha sürdürülebilir, verimli ve üretken büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine giden yolu aydınlatan bir klavuz görevi görür. Teknoloji ilerledikçe ve işbirlikçi çabalar geliştikçe, üreme başarısının ulaşılabilir ve optimize edilmiş bir amaç olduğu hassas hayvancılık yönetimi vizyonu üreticiler tarafından benimsenecektir.

AÇIKLAMA: Bu bölüm TÜBİTAK tarafından “MAG 113 R 039” No.lu proje ile desteklenen ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında gerçekleştirilen “Büyükbaş Hayvanlarda Kızgınlığın (Östrus) Hareketlilik ve Çevre Verilerinden Yararlanarak Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi” adlı doktora tezinden yararlanılarak yazılmıştır.

KAYNAKÇA

- Andrade, V. V., Bernardes, P. A., Vicentini, R. R., Oliveira, A. P., Veroneze, R., Ujita, A., Negrão, J. A., Faro, L. E. (2021). Estrus Prediction Models for Dairy Gyr Heifers. *Animals*, 11(11), 3103. <https://doi.org/10.3390/ani11113103>
- Asaoka, T., Noma, H., Komatsu, T., Oya, H., Miura, R., Yoshioka, K. (2023). Analysis of Biological Data of Cattle and Wavelet Transform Based Prediction For Optimal Insemination Phase. *Deleted Journal*. <https://doi.org/10.58190/iconas.2023.60>
- Bianchi, M., Bava, L., Sandrucci, A., Tangorra, F., Tamburini, A., Gislon, G., Zucali, M. (2022). Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *Animal*, 16(11), 100650. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J. (2002). Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 75(3), 219–232. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(01\)00323-2](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(01)00323-2)
- Hao-bang, L. (n.d.). Study on artificial insemination computer software of beef cattle in breed improvement. *Chinese Journal of Veterinary Science*.
- Higaki, S., Miura, R., Suda, T., Andersson, L. M., Okada, H., Zhang, Y., Itoh, T., Miwakeichi, F., Yoshioka, K. (2019a). Estrous detection by continuous measurements of vaginal temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. *Theriogenology*, 123, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.038>
- Higaki, S., Miura, R., Suda, T., Andersson, L. M., Okada, H., Zhang, Y., Itoh, T., Miwakeichi, F., Yoshioka, K. (2019b). Estrous detection by continuous measurements of vaginal temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. *Theriogenology*, 123, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.038>
- Jain, R. (2023). Real Time Cattle Health Monitoring Using IoT, ThingSpeak, and a Mobile Application. *Journal of Ethology & Animal Science*, 5(1). <https://doi.org/10.23880/jeasc-16000131>
- Lovarelli, D., Bacenetti, J., Guarino, M. (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *Journal of Cleaner Production*, 262, 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
- Maatje, K., Loeffler, S., Engel, B. (1997). Predicting Optimal Time of Insemination in Cows that Show Visual Signs of Estrus by Estimating Onset of Estrus with Pedometers. *Journal of Dairy Science*, 80(6), 1098–1105. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76035-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76035-1)
- Nelson, S., Haadem, C., Nødtvedt, A., Hessle, A., Martin, A. (2017). Automated activity monitoring and visual observation of estrus in a herd

- of loose housed Hereford cattle: Diagnostic accuracy and time to ovulation. *Theriogenology*, 87, 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.025>
- Pereira, M., Wiltbank, M., Vasconcelos, J. (2016). Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 2237–2247. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9903>
- Piette, D., Norton, T., Exadaktylos, V., Berckmans, D. (2020). Individualised automated lameness detection in dairy cows and the impact of historical window length on algorithm performance. *Animal*, 14(2), 409–417. <https://doi.org/10.1017/s1751731119001642>
- Pursley, J. R., Silcox, R. W., Wiltbank, M. C. (1998). Effect of Time of Artificial Insemination on Pregnancy Rates, Calving Rates, Pregnancy Loss, and Gender Ratio After Synchronization of Ovulation in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2139–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75790-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75790-x)
- Reith, S., Hoy, S. (2018). Review: Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle. *Animal*, 12(2), 398–407. <https://doi.org/10.1017/s1751731117001975>
- Roelofs, J., López-Gatius, F., Hunter, R., Van Eerdenburg, F., & Hanzen, C. (2010). When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*, 74(3), 327–344. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.02.016>
- Romadhonny, R. A., Gumelar, A. B., Fahrudin, T. M., Setiawan, W. P. A., Putra, F. D. C., Nugroho, R. D., Budiani, J. R. (2019). Estrous Cycle Prediction of Dairy Cows for Planned Artificial Insemination (AI) Using Multiple Logistic Regression. 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic). <https://doi.org/10.1109/isemantic.2019.8884272>
- Rotz, N. C. A., Coiner, N. C. U., Soder, N. K. J. (2002). Economic Impact of Automatic Milking Systems on Dairy Farms. 2002 Chicago, IL July 28–31, 2002. <https://doi.org/10.13031/2013.10459>
- Tedeschi, L. O., Greenwood, P. L., Halachmi, I. (2021). Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. *Journal of Animal Science*, 99(2), skab038.
- Xu, Z., McKnight, D., Vishwanath, R., Pitt, C., Burton, L. (1998). Estrus Detection Using Radiotelemetry or Visual Observation and Tail Painting for Dairy Cows on Pasture. *Journal of Dairy Science*, 81(11), 2890–2896. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75849-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75849-7)

BÖLÜM 12

JASMONİK ASİT VE BİTKİ BÜNYESİNDEKİ FONKSİYONLARI

Ziraat Tek. | Oykun ÇALIŞKAN¹

Prof. Dr. | Emine Sema ÇETİN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13286000>

¹Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

²Prof. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE, esema.cetin@yobu.edu.tr, ORCID ID 0000-0001-7601-8491.

GİRİŞ

Bitkiler büyüme ve gelişmelerinde ışık, CO₂, su ve suda çözülmüş mineral besin maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar. Gereksinimleri karşılanan bitkiler büyüme ve gelişme göstererek yeni hücre, doku ve organları oluşturarak hayatlarını sürdürmektedirler. Bu süreçte bazı iç ve dış faktörler de büyüme ve gelişmenin gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadır. Bitkideki bu içsel faktörlerden birisi de hormon olarak tanımlanan bileşiklerdir.

Bitki bünyesinde hem büyümeyi teşvik edici hem de engelleyici özellikte olan bu bileşikler çimlenmeden hasada ve hasat sonrası muhafazaya kadar bitkinin büyüme oranını ve gelişmesini etkileyerek çeşitli yönlerde etkili olmaktadır.

1930'lu yıllarda önemi ilk kez anlaşılan bu bileşikler üzerinde yıllardır araştırmalar yürütülmekte, bazı bileşikler de işlevleri ortaya çıkarıldıkça hormonlar grubunda yer almaktadırlar. Önceleri bitki gelişiminin yalnızca beş tip hormon tarafından düzenlendiği düşünülmekte iken, günümüzde işlevleri ve yapısı nedeni ile hormon sınıfına ilave edilen bileşikler ile bu sayı artmış durumdadır. Oksinler, gibberellinler, sitokininler, etilen ve absisik asit ile birlikte bugün brassinosteroidler, salisilik asit, strigolaktonlar ve nitrik oksit gibi diğer bileşikler de hormon olarak kabul edilmektedir. Bunlar içerisinde yer alan bir diğer hormon da jasmonatlardır. Derleme niteliğindeki bu çalışma ile bitki bünyesinde doğal olarak sentezlenen bir bileşik olan jasmonik asit ve onun bitkilerdeki fonksiyonları üzerine yoğunlaşmıştır.

1. BİTKİSEL HORMONLAR

Hormon, kökeni Yunanca bir kelime olup, uyarma anlamına gelmektedir. Bitkisel hormonlar da bitkide farklı fizyolojik süreçleri uyaran bileşiklerdir. Günümüzde bitkisel hormonlar, bitki bünyesinde sentezlenen, sentezlendiği yerden bitkinin başka kısımlarına taşınabilen, etkinliğini o kısımlarda da gösterebilen, çok az miktarlarda dahi etkili olabilen organik bileşikler olarak tanımlanmaktadır.

Bitkisel hormonlar, etkin büyüme gösteren kök ve gövde uçlarında, meyvelerde ve genç yapraklarda yer alan hücreler tarafından sentezlenmektedirler. Belirli hedef hücrelere taşınıp, hedef hücrelerin zarlarında alıcı moleküller tarafından karşılanmaktadır. Bir hormon, hedef

hücrelere geldiği zaman bu alıcı moleküller hormonu tanımakta ve hedef hücrelerin yanıt vermesi sağlanmaktadır.

Hormonların bir kısmı üretildiği dokuda etkili olurken bir kısmı bitkinin farklı bölgelerinde etkili olmaktadır. Bir hormonun farklı konsantrasyonları aynı hedef hücre üzerinde farklı etkilere de neden olabilmektedir. Hormonlar genellikle floem ile taşınmakla birlikte ksilem ile taşınma durumları da söz konusudur.

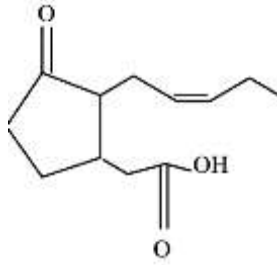
Son zamanlara değin bitki gelişiminin yalnızca beş tip hormon tarafından düzenlendiği düşünülüyordu. Oksinler, giberellinler, sitokininler, etilen ve absisik asit olarak isimlendirilen bu hormonlar dışında günümüzde bitkiler tarafından sentezlenen, brassinosteroidler, salisilik asit, strigolaktonlar ve nitrik oksit gibi diğer bazı maddelerin de tıpkı bu hormonlar gibi bitki bünyesinde çok önemli yaşamsal işlevlerde buldukları belirlenmiştir. İşte bu maddeler içerisinde yer alan bir hormon da jasmonatlardır.

2. JASMONİK ASİT

Jasmonik asit (JA) 1960'ların ortasında önce *Jasminum grandiflorum* L. (Şekil 1) ve *Rosmarinus officianalis* L. çiçeklerinden ve çeşitli meyvelerden elde edilen bitkilerinin temel aromatik bir bileşeni olarak belirlenmiştir (Meyer vd., 1984) (Şekil 2).

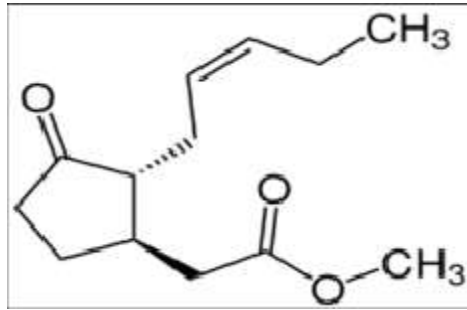


Şekil 1: *Jasminum grandiflorum* bitkisi ve çiçeğinden bir görünüm (Merlin, 2020)



Şekil 2: Jasmonik asidin molekül yapısı (Chapagai, 2014)

JA'nın metil ester formu olan metil jasmonat (MeJA) da kokusundan dolayı jasmonik asit ismi ile anılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Metil Jasmonatın molekül yapısı (Banerjee vd., 2022)

Oxilipidler sınıfında olan jasmonatlar linolenik asitten sentezlenmektedir. JA düşük konsantrasyonlarda dahi bitkideki fizyolojik olayları etkileyen hormon karakteristiğinde bir bileşen olup, genç ve gelişmekte olan dokularda yoğun miktarlarda bulunmaktadır. Genellikle çiçeklerde kısmen de vejetatif kısımlarda bulunduğu bilinmekle birlikte, bazı türlerde de meyvelerde ya da patates gibi yumrulu bitkilerin sürgünlerinde de tespit edilmiştir (Van den Berg vd., 1991; Creelman vd., 1997). JA bitkide hem floem hem de ksilem yolu ile taşınabilmektedir. MeJA molekülleri, stoma aracılığıyla bitkilerde iletim sistemine girmekte ve proteinaz inhibitör genlerini etkinleştirmektedir. Bunun yanı sıra MeJA sitoplazmadan yaprak hücrelerine yayılarak burada hücre içi esterazlar ile JA'ya hidrolize olmaktadır (Akan vd., 2017).

Yapılan araştırmalarda içsel JA'nın daha etkili olduğu, buna karşın dışarıdan uygulanan MeJA'nın ise daha aktif olduğu tespit edilmiştir (Meyer vd., 1984). MeJA bitkilere uygulandığında; gelişimi engelleme, hassasiyeti

artırma, özel yaprak proteinlerini teşvik etme gibi farklı tepkilere neden olmaktadır (Curtis, 1984).

3. JASMONİK ASİDİN BİTKİ BÜNYESİNDEKİ İŞLEVLERİ

Jasmonik asidin etkisinin etilene benzediği ifade edilmektedir (Czapski ve Saniewski, 1992). Meyve olgunlaşmasının bütün safhalarında etilen üretimi JA ile birlikte uyarılmaktadır. Domateste olgunlaşma sürecinde etilene benzer şekilde JA etkisi ile klorofil parçalanmakta, likopen birikimi ise uyarılmaktadır (Meyer vd., 1984). Renklenme, yumuşama ve nişasta kaybı gibi olgunlaşma süreçlerinin yanında, JA ve MeJA'nın bitkilerde tespit edilen genel etkileri şu şekilde sıralanabilir:

a) Gaz formunda patates bitkisine uygulanması ile yumru oluşumunu artırması, in vitro ortamlarda da yumru oluşumunu teşvik etmesi (Koda vd.,1991; Van der Bergand vd., 1991).

b) Asma da sürgünlerde kıvrımlara neden olması (Falkenstein vd., 1991).

c) β -Karoten sentezini teşvik etmesi (Staswick, 1992).

d) Yaprak sararmasına, yaprak saplarında kopmalara neden olması (Sembdner ve Parthier, 1993).

e) Kök oluşumunu teşvik etmesi (Sembdner ve Parthier, 1993).

f) Bitkide bir yaralanma olması durumunda proteinlerin parçalanmasına neden olan enzimlerin etkisini engellemesi (Van den Berg vd., 1991; Staswick, 1992).

g) Depolanmış patates ve su oranı yüksek diğer meyve ve sebzelere MeJA uygulaması ile ürünlerin kalitelerini kaybetmeden uzun süre muhafaza edilmelerine katkıda bulunması (Buta vd., 1998).

JA ve MeJA, bitki büyümesi ve gelişiminin yanı sıra abiyotik ve biyotik streslere karşı bitki tepkilerini düzenlemektedir. Jasmonatlar bitki herhangi bir stres faktörü ile karşılaştığında uyarıcı bir sinyal molekülü olarak hareket ederek, bitkinin savunma sistemini oluşturan mekanizmaları harekete geçirmektedirler. Bitkilerin yaralanmasında sistemik olarak kazanılan tepkide JA önemli bir role sahiptir (Korkmaz ve Durmaz, 2017). Bitki çeşitliliğine bağlı olarak, bir bitkideki JA savunma cevabı birkaç dakika ile birkaç saat sürebilmekte, bu nedenle stres altındaki bitkilerde ilk gözlenen farklılıklardan

biri JA sentezinin artması şeklinde olmaktadır. Dışsal uygulamalarla bitki bünyesinde artan MeJA, bitki herhangi bir strese maruz kalmadığı halde, bir sinyal molekülü olarak bitkinin savunma sistemini oluşturan mekanizmaları harekete geçirerek klorofil, prolin, antioksidan enzim aktiviteleri gibi birçok biyokimyasal değişimin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Cheong vd., 2003; Ruiz-García vd., 2013).

MeJA uygulaması ile sağlıklı bitkilerde de savunma sistemlerinin uyarılmasından yola çıkarak jasmonatların bir sinyal molekülü olarak bitkilerde sekonder metabolit üretiminin teşvik edilmesinde kullanılması da mümkündür (Wang vd., 2008). Bu nedenle jasmonatlar in vitro da sekonder metabolit üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır (Repka vd., 2004; Tassoni vd., 2005; Belhadj vd., 2008; Çetin ve Göktürk Baydar, 2016).

4. JA/MeJA’NIN BİTKİ BÜYÜME VE GELİŞMESİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNE YÖNELİK ARAŞTIRMALAR

Tütün bitkisi üzerinde yapılmış ve bu alandaki ilk çalışmalardan birisinde JA’nın tomurcuk oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Nicotiana tabacum cv. Samsun da 10^{-7} ve 10^{-5} mol/L JA uygulamasının çiçeklenmeyi uyardığı belirlenmiştir (Barendse vd., 1985).

Japon armudu ağacının çiçeklerine bir JA benzeri olan PDJ (n-Propyl dihydrojasmonate) tam çiçeklenmeden 7 gün sonra ve 500 ppm dozunda sprey olarak püskürtülmüştür. Uygulama yapılan çiçeklerin döllenme oranı, kontrol grubuna göre çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir (Fujisawa vd., 1997).

JA uygulamasının meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzattığı da yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Koda vd., 1991). Wang (1998) da turp bitkisi üzerinde yaptığı bir çalışmada, hasat sonrasında kök ve üst sürgünler üzerine MeJA’nın etkisini incelemiştir. Çalışmada MeJA’nın artan dozlarının kökte ve üst sürgünlerde büyümeyi durdurduğu tespit edilmiştir.

In vitro koşullarda kallus oluşumunun sağlanmasında da JA’nın etkili olduğu tespit edilmiştir. Kondo ve Fukuda (2001) çalışmalarında Pione üzüm çeşidinde tam çiçeklenmeden 18 ve 28 gün sonra salkımlardan 3 mm kalınlığında tane eti parçalarını alarak kültür ortamına yerleştirmişlerdir. Kültür ortamı olarak B5 ortamına 0.45, 1 ve 4.5 μ M dozlarında JA eklemiş ve

30 gün süreyle 25 °C karanlıkta bekletmişlerdir. Araştırma sonucunda tam çiçeklenmeden 18 gün sonra alınan ve 0.45 µM JA eklene ortamdaki kallusların en yüksek gelişim oranına sahip oldukları ortaya konulmuştur.

Laronde vd. (2003), asmada yaptıkları çalışmada UV stresi karşısında 400 nmol/l gibi düşük miktarlarda bile MeJA uygulaması yapılmasının yapraklarda ve tanede stilben oluşumunu artırdığını belirtmişlerdir.

Fuji elma çeşidinde yapılan MeJA uygulamasının ise, erken dönemde (tam çiçeklenmeden 48 gün sonra), kontrole göre olgunlaşmayı geciktirdiği, meyvedeki nişasta miktarını azaltarak meyve boyutlarının küçülmesine ve meyve ağırlığının önemli derecede azalmasına sebep olduğu saptanmıştır. Geç dönemde ise meyve ağırlığı üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir (Rudell vd., 2005).

Hasat öncesi dışsal MeJA uygulamasının farklı değerlendirme şekillerine sahip üzüm çeşitleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Cabernet Sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde toplam tane ağırlığı, SÇKM, titrasyon asitliği ve pH değerleri bakımından MeJA uygulamasının önemli bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir. Siyah Çekirdeksiz üzüm çeşidinde ise MeJA dozu arttıkça SÇKM'nin düştüğü tespit edilmiştir (Fidelibus vd., 2007).

Havuçta kalite parametreleri üzerine JA'nın etkilerinin incelendiği bir çalışmada da rendelenmiş havuçlar 4°C'de 10 gün süre ile depolanmış ve bu süreçte organoleptik özellikleri, pH ve suda çözünür kuru madde miktarları raporlanmıştır. Araştırma sonucunda JA'nın bütün parametrelerde kalite kayıplarını geciktirebileceği saptanmıştır (Ergün vd., 2008).

Dışsal MeJA uygulamasının Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde hasat sonrası dökümleri teşvik etme üzerine olan etkilerini inceleyen Gonzalez-Herranz vd. (2009), araştırma sonucunda 2 ve 10 mM MeJA'nın söz konusu üzüm çeşidi için kullanılabilir optimum konsantrasyonlar olduğunu belirlemişlerdir.

Fidelibus ve Cathline (2010), MeJA'nın Thompson Seedless üzüm çeşidinde tane kopma kuvveti üzerine yaptıkları çalışmada, 8-10 mM dozun 2 ve 4mM'lik dozlara göre daha fazla ayrıma sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Ruiz Garcia vd., (2012) de 110 R anacı üzerine aşılı Mourvedre üzüm çeşidinde omcalara ilki ben düşme döneminin hemen öncesinde olmak üzere 3'er gün aralıklarla toplam 3 kez 10 mM konsantrasyonunda MeJA uygulamışlardır. Araştırma sonucunda antosiyanin, flavonol, proantosiyanin

ve tanen miktarları incelendiğinde özellikle antosiyanin ve proantosiyanin miktarlarında kontrollere kıyasla önemli ölçüde artışlar tespit edilmiştir.

Martinez Espla vd. (2014), erik çeşitlerinde meyve ağırlığı ve verimin JA uygulaması ile arttığını belirtmişlerdir. Fernandez Marin vd. (2014) ise, Syrah üzüm çeşidine hasat öncesi MeJA uygulaması yapmışlar ve bu uygulamanın antosiyanin miktarını kontrole göre %11 oranında artırdığını belirtmişlerdir.

Diallo vd. (2014), MeJA'nın buğdayda çiçeklenmeyi geciktirdiğini bildirmişlerdir. Zhai vd. (2015) ise moleküler düzeyde bu durumu JA'nın transkripsiyonel baskılayıcılarının JAZ (JASMONATE-ZIM) bozunmasını teşvik ettiği ve çiçeklenme geni FLOWERING LOCUS T (FT) ifadesini baskılayarak çiçeklenmeyi geciktirmek için sinyalleri tetiklediği şeklinde ifade etmişlerdir.

Kyoho üzüm çeşidine ait tanelere 20°C'de 6 saat süresince 1, 10, 50, 100 µmol l-1 konsantrasyonlarında MeJA uygulaması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda 50 ve 100 µmol l-1 MeJA uygulanan tanelerde trans-resveratrol ve eviniferin miktarları ile savunma ile ilişkili VvNPR1.1 geninin transkripsiyonunun önemli derecede arttığı ve hastalık oluşumunun engellendiği saptanmıştır (Wang vd., 2015).

Sümbülteber bitkisinde bitki büyümesini düzenleyen kimyasalların yapraktan püskürtülmesinin ekonomik uygulanabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılmış bir araştırmada da 28-homobrassinolid (28 HBL), Klorokolin klorür (CCC) ve JA, üç farklı konsantrasyonda yapraktan püskürtme ile uygulanmıştır. JA ile muamele edilen bitkilerde çiçeklenmenin geciktiği, %50 çiçeklenmeye kadar geçen en yüksek gün sayısının (163,43) 200 µM JA ile kaydedildiğini belirtmişlerdir (Naga Lakshmi vd., 2021).

Mango da meyve kalite parametreleri üzerinde JA'nın farklı organik malçlama materyalleriyle birlikte uygulanmasının etkisini incelemek amacıyla Batı Bengal'in yeni bir alüvyon bölgesinde yürütülen bir araştırmada (Dey vd., 2023) JA; jeotekstil malç, çeltik samanı malç, muz yaprağı malç, siyah polietilen malç ve kontrol olmak üzere 5 farklı kombinasyonda uygulanmıştır. Araştırma sonucunda JA'nın mangonun fiziko-kimyasal niteliklerini artırmada etkili olduğu ve depolama sırasında hastalık istilasını azalttığı tespit edilmiştir. Bu uygulamanın ayrıca depolama sırasında hastalık problemlerini minimuma indirdiği ve raf ömrünü artırdığı da belirtilmiştir. JA'nın farklı konsanstrasyon

ve malç kombinasyonları ile uygulama yapılmasının verimde kontrol grubuna göre bir artış sağladığı belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çiçeklenme aşamasında uygulanan çeltik samanı malçıyla birlikte 1,0 μM JA'nın kaliteli mango üretimi için hedefe ulaşmada başarılı bir şekilde uygulanabileceği ifade edilmiştir. Benzer şekilde Ahmed (2001) de daha önce yapmış olduğu çalışmasında mango ve nar meyvelerinde JA uygulaması ile verimin arttığını ifade etmiştir.

5. JA VE MeJA'NIN BİTKİ STRES FİZYOLOJİSİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNE YÖNELİK ARAŞTIRMALAR

JA'nın stresten korunmada önemli rolü olduğu pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur. JA'nın burada reaktif oksijen türlerinin uzaklaştırılmasında ve ozmoprotektanların birikiminde etkili olarak rol oynadığı düşünülmektedir (Kim vd., 2021). Örneğin arabidopsis bitkisi 12 saat süre ile soğuk stresine maruz bırakıldığında bitkideki JA seviyesinin ciddi anlamda arttığı tespit edilmiştir (Wang vd., 2016).

JA biyosentezinden sorumlu genlerin soğuk stresi uygulanan bitkilerde yeniden ifade edildiği tespit edilmiştir. Soğuk stresi ile JA seviyeleri arasındaki ilişki diğer bazı bitkilerde de ortaya konulmuştur. Çeltikte soğuk stresi *OsLOX2*, *OsAOC*, *OsAOS1*, *OsAOS2*, *OsOPR1* ve *OsOPR7* gibi JA biyosentez genlerinin ifade edilmesini sağladığı ve sonuç olarak hücresele JA seviyelerinin arttığı tespit edilmiştir (Du vd., 2013).

Peygamber süpürgesi (*Artemisia annua*) bitkisinde soğuk stresine yanıt olarak JA biyosentetik genlerinin ekspresyonunun aktive edildiği ve daha yüksek JA seviyelerinin tespit edildiği ortaya konulmuştur (Liu vd., 2017).

JA uygulaması portakalda soğuk stresi toleransını iyileştirmiş (Habibi vd., 2019) ve bu bitkilerde soğuğa maruz kalmasına rağmen daha düşük H_2O_2 seviyeleri gözlenmiştir. Benzer şekilde muz bitkisinde de JA'nın soğuk stres toleransı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır (Zhao vd., 2013).

JA'nın etkili olduğu bir diğer bitki stres durumu kuraklık stresidir. Dünyada bitkilerin en fazla maruz kaldıkları abiyotik stres faktörü olan kuraklık durumunda bitki hücrelerinden su kaybı olmakta, ozmotik dengesizlik ortaya çıkmakta ve ROS birikimi meydana gelmektedir.

Ozmoprotektanların birikimi ve ROS'un uzaklaştırılması, bitkinin kuraklık stresine karşı savunma sisteminde etkili olmaktadır. Bir ozmoprotektan olan prolin, abiyotik stres koşulları altında ROS homeostazını düzenlemektedir (Nadarajah, 2020; Mahmood vd., 2020). JA'nın da bu prolinin birikiminde etkili olduğu tespit edilmiş ve bu şekilde bitkide ROS seviyelerini düşürdüğü ifade edilmiştir (Sirhindi vd., 2016; Fugate vd., 2018). JA'nın prolin metabolizmasında ve ROS temizleme sisteminde yer alan genlerin transkripsiyonel ekspresyonunu düzenlediği ortaya konulmuştur (Anjum vd., 2011; Cao vd., 2012; Awan vd., 2021). Bir araştırmada 12 saat kurağa maruz kalan domates köklerinde JA seviyelerinin, uygulama yapılmayan bitkilerin köklerine oranla yaklaşık 10 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve Huang, 2013). Benzer şekilde buğdayda da kuraklık stresine bağlı olarak JA birikiminin gerçekleştiği ortaya konulmuştur. Strese maruz kalan bitkilerde JA seviyesi yaklaşık 5 kat artmıştır. Kuraklık stresi, buğdayda *LOX1*, *AOS1*, *AOC1* ve *OPR3* gibi JA biyosentez genlerin ifadesini tetiklemiş ve JA biyosentetik genlerinin ifadesini aktive ederek JA üretimini artırmıştır (Wang vd., 2021). JA uygulaması yapılan soya fasulyesi bitkileri kontrol bitkilerine oranla kuraklık stresine karşı daha iyi tolerans göstermişlerdir (Riemann vd., 2015). Dışsal JA uygulamasının kuraklık toleransı üzerindeki etkisi mısır (*Zea mays*) (Abdelgawad vd., 2014) ve darı (*Pennisetum glaucum*) (Awan vd., 2021) gibi bitkilerde de incelenmiştir. JA ile muamele edilmiş mısır ve darı bitkileri prolin gibi ozmoprotektanları biriktirerek ve ROS'un uzaklaştırılmasını sağlayan genlerin ekspresyonunu teşvik ederek kuraklık stresine karşı gelişmiş tolerans göstermişlerdir.

Bitkilerin buldukları ekolojilerde en sık maruz kaldıkları bir diğer stres faktörü tuzluluktur. Tuz stresi, toprakta veya su kaynağında yüksek tuz konsantrasyonları nedeniyle oluşmakta, bu durum su alımını kısıtlamakta ve ozmotik dengeyi bozarak ROS birikimine neden olmaktadır. Ayrıca fotosentezin engellenmesi, hücre membranlarından dışarıya elektrolit sızıntısı olması ve büyümenin baskılanması gibi çeşitli fizyolojik ve gelişimsel bozukluklara yol açmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Li vd., 2020).

Arabidopsis bitkisinin 100 mM NaCl ile 24 saatlik bir muamele sonrası hücresel JA seviyesinin yaklaşık 2,8 kat arttığı tespit edilmiştir (Prerostova vd., 2017). *Medicago truncatula*'da içsel JA değerinin 200 mM NaCl ile 1 saat muamele edilmesinden sonra yaklaşık 2,5 kat arttığı belirtilmiştir (De

Domenico vd., 2019). Elde edilen bu bulgular JA'nın bitkilerin tuz stresine karşı verdiği tepkinin oluşmasında ve toleransında etkili bir rol oynadığını göstermektedir. Biber (Rezai vd., 2013) ve badem (Tavallali ve Karimi, 2019) de tuzlu koşullarda bitki büyümesi ve klorofil seviyelerinin azaldığı buna karşın dışsal JA uygulaması ile tuzun bitki büyümesi ve klorofil seviyeleri üzerindeki olumsuz etkisinin azaldığı tespit edilmiştir.

Gelişen dünyada, sanayileşme ile birlikte bitkilerin maruz kaldıkları bir diğer stres faktörü ağır metallerdir. Ağır metaller, potansiyel toksisite veya ekotoksosite ile ilişkilendirilen metalleri ve metaloidleri içermektedir. Aşırı birikimi ve emilimi strese neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar, bitkilerin ağır metal stresine karşı verdikleri tepkide JA'nın da yer aldığını göstermektedir. Kadmiyum ve bakır stresine maruz kalan Arabidopsis de içsel JA seviyelerinin hızla arttığı tespit edilmiştir (Xiang ve Oliver, 1998; Ojuederie ve Babalola, 2017). Biber bitkileri 48 saat boyunca 50 mg/L Cd'ye maruz bırakıldığında, hücrel JA seviyeleri yaklaşık 2 kat artmıştır (Yan vd., 2013). Bu sonuçlar, ağır metal stresinin JA birikimini desteklediğini ve JA biyosentetik veya JA'ya duyarlı genlerin ifadesinin ağır metal stresıyla aktive edildiğini göstermektedir (Bali vd., 2019). Kurşun (Pb), su mercimeği olarak bilinen *Wolffia arrhiza*'daki klorofil a ve karotenoid seviyelerini düşürürken, dışsal JA uygulamasının Pb emilimini ve birikimini azalttığı ve klorofil a ve karotenoid azalmasını da engellediği tespit edilmiştir (Piotrowska vd., 2009).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bitki büyüme ve gelişmesinde son derece önemli rolleri bulunan, bitkilerin pek çok olumsuz faktöre karşı tolerans göstermelerinde etkileri olan hormonlar, bitkilerin hayatta kalması ve neslini sürdürmesi için son derece önemli bileşiklerdir. Bu bileşiklerin her geçen gün bitkilerde yeni rolleri ortaya çıkarılmakta, birbirleri üzerinde antogonistik ya da sinerjistik olmak üzere çeşitli fonksiyonları tespit edilmektedir. Bu derlemede değinilen jasmonik asit de bir hormon olarak üzerinde ciddi çalışmaların yürütüldüğü, ancak yeni çalışmalar için de hala aydınlatılmamış yönleri bulunan potansiyel bir bileşik olarak değerlendirilmektedir. Özellikle bitki stres fizyolojisi bakımından farklı bitki türlerinde farklı stres parametreleri üzerinde bu bileşiklerin etkilerinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKÇA

- Akan, S., Yamaz, R., Çakırer, G., Demir, K. (2017). Metil Jasmonatın Sebzelerde Hasat Öncesi Ve Hasat Sonrası Fizyolojisine Etkisi. Akademik Ziraat Dergisi. 6 (Özel sayı): 323-328.
- Abdelgawad, Z., Khalafaallah, A.A., Abdallah, M. (2014). Impact of Methyl Jasmonate On Antioxidant Activity And Some Biochemical Aspects Of Maize Plant Grown Under Water Stress Condition. Agricultural Sciences. 5: 1077.
- Anjum, S., Wang, L., Farooq, M., Khan, I., Xue, L. (2011). Methyl Jasmonate-Induced Alteration in Lipid Peroxidation, Antioxidative Defence System and Yield in Soybean Under Drought. Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 296-301.
- Awan, S.A., Khan, I., Rizwan, M., Zhang, X., Brestic, M., Khan, A., El-Sheikh, M.A., Alyemeni, M.N., Ali, S., Huang, L. (2021). Exogenous Abscisic Acid and Jasmonic Acid Restrain Polyethylene Glycol-Induced Drought By Improving The Growth and Antioxidative Enzyme Activities in Pearl Millet. Physiologia Plantarum. 172: 809-819.
- Bali, S., Jamwal, V.L., Kaur, P., Kohli, S.K., Ohri, P., Gandhi, S.G., Bhardwaj, R., Al-Huqail, A.A., Siddiqui, M.H., Ahmad, P. (2019). Role of P-type ATPase Metal Transporters and Plant Immunity Induced By Jasmonic Acid Against Lead (Pb) Toxicity in Tomato. Ecotoxicology and Environmental Safety. 174: 283-294.
- Banerjee, S., Nandi, K., Badmanaban, R., Mandal, S., Dhruvo, J., Dholwani, K. (2022). Drug Discovery & Clinical Trials: Login Passwords To New Life. International Journal of Science and Research Archive. 7(02): 13-35.
- Barendse, G.W.M., Croes A.F., Van den Ende, G., Bosveld, M., Creemers, T. (1985). Role of Hormones On Flower Bud Formation in Thin-Layer Explants of Tobacco. Biologia Plantarum. 27: 408-412.
- Belhadj, A., Telef, N., Saigne, C., Cluzet, S., Barrieu, F., Hamdi, S., Mérillon, J.M. (2008). Effect of Methyl Jasmonate in Combination With Carbohydrates on Gene Expression of PR Proteins, Stilbene And Anthocyanin Accumulation in Grapevine Cell Cultures. Plant Physiology and Biochemistry. 46(4): 493-499.
- Buta, J.G., Moline, H.E. (1998). Methyl Jasmonate Extends Shelf Life And Reduces Microbial Contamination of Fresh-Cut Celer and Peppers. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 46: 1253-1256.
- Cao, S., Cai, Y., Yang, Z., Zheng, Y. (2012). MeJA Induces Chilling Tolerance in Loquat Fruit By Regulating Proline and -Aminobutyric Acid Contents. Food Chemistry. 133: 1466-1470.

- Chapagai, D. (2014). Biochemical Characterization of SBIP-470 and its role in SA-mediated Signaling in Plants. Electronic Theses and Dissertations. 2428 p.
- Cheong, J.J., and Choi, Y.D. (2003). Methyl Jasmonate As A Vital Substance In Plants. Trends in Genetics. 19: 409- 413.
- Creelman, R.A., Mullet, J.E. (1997). Biosynthesis And Action Of Jasmonates In Plants. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 48: 355-381.
- Curtis, R. (1984). Abscission-Inducing Properties of Methyl Jasmonate, ABA, and ABA-Methyl Ester and Their Interactions With Ethephon, AgNO₃, and Malformin. Plant Growth Regulation. 3: 157-168.
- Çetin, E.S., Göktürk Baydar, N. (2016). Elicitor Applications On Cell Suspension Culture For Synthesis of Phenolic Compounds on Grapevine. Journal of Agricultural Sciences. 22: 42-53.
- De Domenico, S., Taurino, M., Gallo, A., Poltronieri, P., Pastor, V., Flors, V., Santino, A. (2019). Oxylinin Dynamics in *Medicago truncatula* in Response To Salt and Wounding Stresses. Physiologia Plantarum. 165: 198-208.
- De Klerk, G.J., Marinova, S., Rouf, S., Brugge, T.J. (1997). Salicylic Acid Effects on Rooting of Apple Microcuttings By Enhancement of Oxidation of Auxin. Acta Horticulturae. 447: 247-248.
- Dey, S., Datta, S., Mandi, G., Mandal, C., Bhattacharya, S. (2023). Impact Of Pre-Harvest Foliar Application of Jasmonic Acid and Soil Cover Of Different Organic Mulching on Physico-Chemical Attributes and Post-Harvest Qualities of Mango cv. Himsagar. The Pharma Innovation Journal.12(8): 473-477.
- Diallo, A., Agharbaoui, Z., Badawi, M., Ali-Benali, M., Moheb, A., Houde, M., Sarhan, F. (2014). Transcriptome Analysis of An MVP Mutant Reveals Important Changes in Global Gene Expression and A Role For Methyl Jasmonate in Vernalization and Flowering in Wheat. Journal of Experimental Botany. 65: 1-16.
- Du, H., Liu, H., Xiong, L. (2013). Endogenous Auxin and Jasmonic Acid Levels are Differentially Modulated By Abiotic Stresses in Rice. Frontiers in Plant Science. 4: 397.
- Ergün, M., Kösetürkmen, N. (2008). Jasmonik Asit ve Salisilik Asit Uygulamalarının Rendelenmiş Taze Havuç Kalitesi Üzerine Etkileri. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 12 (1): 49-55.
- Falkenstein, E., Groth, B., Mithoefer, A., Weiler, E.W. (1991). Methyl Jasmonate and Linolenic Acid Are Potent Inducers of Tendril Coiling. Planta. 185: 316-322.
- Fernandez-Marin, M.I., Puertas, B., Guerrero, R.F., Garcia-Parrilla, M.C., and CantosVillar, E. (2014). Preharvest methyl jasmonate and postharvest

- UV-C treatments: increasing stilbenes in wine. *Journal of Food Science*, 79(3), 310-317.
- Fidelibus, M.W., Cathline, K.A., Burns, J.K. (2007). Potential Abscission Agents For Raisin, Table, and Wine Grapes. *HortScience*. 42(7): 1626-1630.
- Fidelibus, M.W., Cathline, K.A. (2010). Dose and Time Dependent Effects of Methyl Jasmonate on Abscission of Grapes. *Acta Horticulturae*. 884: 725-728.
- Fugate, K.K., Lafta, A.M., Eide, J.D., Li, G., Lulai, E.C., Olson, L.L., Deckard, E.L., Khan, M.F., Finger, F.L. (2018). Methyl Jasmonate Alleviates Drought Stress in Young Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 204: 566-576.
- Fujisawa, H., Koshiyama, M., Seto, H., Yoshida, S., Komuro, Y. (1997). Effect of Jasmonic Acid Compound on Fruit Setting, Fruit Growth, Ripening and Cold Resistance. *Acta Horticulture*. 463.
- Gonzalez-Herranz, R., Kimberley, A., Cathline, K.A., Fidelibus, M.W., Burns, J.K. (2009). Potential of Methyl Jasmonate As A Harvest Aid For 'Thompson Seedless' Grapes: Concentration and Time Needed For Consistent Berry Loosening. *Hortscience*, 44(5): 1330-1333.
- Habibi, F., Ramezani, A., Rahemi, M., Eshghi, S., Guillén, F., Serrano, M., Valero, D. (2019). Postharvest Treatments With –Aminobutyric Acid, Methyl Jasmonate, or Methyl Salicylate Enhance Chilling Tolerance of Blood Orange Fruit At Prolonged Cold Storage. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 99: 6408-6417.
- Kim, H., Seomun, S., Yoon, Y., Jang, G. (2021). Jasmonic Acid in Plant Abiotic Stress Tolerance and Interaction with Abscisic Acid. *Agronomy*: 11, 1886.
- Koda, Y., Kikuta, Y., Tazaki, H., Tsujino, Y., Sakamura, S., Yoshihara, T. (1991). Potatotuber-Inducing Activities of Jasmonic Acid Related Compounds. *Phytochemistry*. 30: 1435-1438.
- Kondo, S., Fukuda, K. (2001). Changes of Jasmonates in Grape Berries and Their Possible Roles in Fruit Development. *Scientia Horticultura*. 91(3): 275-288.
- Korkmaz, H., Durmaz, A. (2017). Bitkilerin Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Geliştirilen Cevaplar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 7(2): 192-207.
- Larronde, F., Gaudillère, J., Krisa, S., Décendit, A., Deffieux, G., Mérillon, J. (2003). Airborne Methyl Jasmonate Induces Stilbene Accumulation in Leaves and Berries of Grapevine Plants. *American Journal of Enology and Viticulture*. 54: 63-66.
- Liu, W., Wang, H., Chen, Y., Zhu, S., Chen, M., Lan, X., Chen, G., Liao, Z. (2017). Cold Stress Improves The Production of Artemisinin

- Depending on The Increase in Endogenous Jasmonate. *Biotechnology and Applied Biochemistry*. 64: 305-314.
- Li, J., Essemine, J., Shang, C., Zhang, H., Zhu, X., Yu, J., Chen, G., Qu, M., Sun, D. (2020). Combined Proteomics and Metabolism Analysis Unravels Prominent Roles of Antioxidant System in The Prevention of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Against Salt Stress. *International Journal of Molecular Science*. 21: 909.
- Mahmood, T., Khalid, S., Abdullah, M., Ahmed, Z., Shah, M.K.N., Ghafoor, A., Du, X. (2020). Insights into Drought Stress Signaling in Plants and The Molecular Genetic Basis of Cotton Drought Tolerance. *Cells*. 9: 105.
- Martinez-Espla, A., Zapata, P.J., Castillo, S., Guiller, F., Martinez-Romero, D., Valero, D. (2014). Preharvest Application of Methyl Jasmonate (MeJA) in Two Plum Cultivars. 1. Fruit Growth And Quality Attributes At Harvest. *Postharvest Biology and Technology*. 98: 98-105.
- Merlin, K. (2020). Bioecology of Jasmine Mite, *Tetranychus urticae* in Different Jasmine Cultivars. [10.5772/intechopen.87140](https://doi.org/10.5772/intechopen.87140).
- Meyer, A., Miersch, O., Buttner, C., Dathe, W., Sembdner, G. (1984). Occurrence of The Plant Growth Regulator Jasmonic Acid In Plants. *Journal of Plant Growth Regulator*. 3:1-8.
- Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
- Nadarajah, K.K. (2020). ROS Homeostasis in Abiotic Stress Tolerance In Plants. *International Journal of Molecular Science*. 21: 5208.
- Naga Lakshmi, R., Lakshminarayana-Reddy, M., Dorajee-Rao, A.V.D., Bhagavan, B.V.K., Subbaramamma, P., Uma-Krishna, K. (2021). Influence of Brassinosteroids, Jasmonic Acid and Chlorocholine Chloride on Yield and Economics of Tuberose cv. Prajwal. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 10(2): 1141-1145.
- Ojuederie, O.B., Babalola, O.O. (2017). Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14: 1504.
- Piotrowska, A., Bajguz, A., Godlewska-Zytkiewicz, B., Czerpak, R., Kaminska, M. (2009). Jasmonic Acid As Modulator of Lead Toxicity in Aquatic Plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae). *Environmental and Experimental Botany*. 66: 507-513.
- Prerostova, S., Dobrev, P.I., Gaudinova, A., Hosek, P., Soudek, P., Knirsch, V., Vankova, R. (2017). Hormonal Dynamics During Salt Stress Responses of Salt-Sensitive *Arabidopsis thaliana* and Salt-Tolerant *Thellungiella salsuginea*. *Plant Science*. 264: 188-198.

- Repka, V., Fischerova, I., Silhárová, K. (2004). Methyl Jasmonate is A Potent Elicitor of Multiple Defense Responses in Grapevine Leaves and Cell-Suspension Cultures. *Biologia Plantarum*. 48(2): 273-283.
- Rezai, S., Orojloo, M., Bidabadi, S.S., Soleimanzadeh, M. (2013). Possible Role of Methyl Jasmonate in Protection to NaCl-Induced Salt Stress in Pepper cv. "Green Hashemi". *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 6: 1235.
- Riemann, M., Dhakarey, R., Hazman, M., Miro, B., Kohli, A., Nick, P. (2015). Exploring Jasmonates in the Hormonal Network of Drought and Salinity Responses. *Frontiers in Plant Science*. 6: 1077.
- Rudell, D.R., Fellman, J.K., Mattheis, J.P. (2005). Preharvest Application Of Methyl Jasmonate To 'Fuji' Apples Enhances Red Coloration And Affects Fruit Size, Splitting, And Bitter Pit Incidence. *Hort Science*. 40(6): 1760-1762.
- Ruiz-Garcia, Y., Romero Cascales, I., Gil-Muñoz, R., Fernandez-Fernandez, J.I., Lopez-Roca, J.M., Gómez-Plaza, E. (2012). Improving Grape Phenolic Content and Wine Chromatic Characteristics Through The Use of Two Different Elicitors: Methyl Jasmonate Versus Benzothiadiazole. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60: 1283-1290.
- Ruiz-García, Y., Gómez-Plaza, E. (2013). Elicitors: A Tool for Improving Fruit Phenolic C Content. *Agriculture*. 3: 33-52.
- Sembdner, G., Parthier, B. (1993). The Biochemistry and The Physiological and Molecular Actions of Jasmonates, *Annual Review Plant Physiology And Plant Molecular Biology*. 44: 569-589.
- Sirhindi, G., Mir, M.A., Abd-Allah, E.F., Ahmad, P., Gucel, S. (2016). Jasmonic Acid Modulates The Physio-Biochemical Attributes, Antioxidant Enzyme Activity, and Gene Expression in Glycine Max Under Nickel Toxicity. *Frontiers in Plant Science*. 7: 591.
- Staswick, P.E. (1992). Jasmonate, Genes and Fragrant Signals. *Plant Physiology*. 95: 804-807.
- Tassoni, A., Fornale, S., Franceschetti, M., Federica, M., Michael, A., Perry, B., Bagni, N. (2005). Jasmonates and Na-orthovanadate Promote Resveratrol Production in *Vitis vinifera* cv. Barbera Cell Cultures. *New Phytologist*. 166(3): 895-905.
- Tavallali, V., Karimi, S. (2019). Methyl Jasmonate Enhances Salt Tolerance of Almond Rootstocks By Regulating Endogenous Phytohormones, Antioxidant Activity And Gas-Exchange. *Journal of Plant Physiology*. 234: 98-105.
- Van den Berg, J. H., Ewing, E.E. (1991). Jasmonates and Their Role In Plant Growth And Development, With Special Reference To The Control of Potato Tuberization. *American Journal of Potato Research*. 68:781-797.

- Wang, C.Y. (1998). Methyl Jasmonate Inhibits Postharvest Sprouting and Improves Storage Quality of Radishes. *Postharvest Biology and Technology*. 14 (2): 179- 183.
- Wang, S.Y., Bowman, L., Ding, M. (2008). Methyl Jasmonate Enhances Antioxidant Activity and Flavonoid Content in Blackberries (*Rubus* Sp.) and Promotes Antiproliferation of Human Cancer Cells. *Food Chemistry*. 107: 1261-1269.
- Wang, K., Liao, Y., Kan, J., Han, L., Zheng, Y. (2015). Response of Direct Or Priming Defense Against *Botrytis cinerea* to Methyl Jasmonate Treatment at Different Concentrations in Grape Berries. *International Journal of Food Microbiology*. 194: 32-39.
- Wang, F., Guo, Z., Li, H., Wang, M., Onac, E., Zhou, J., Xia, X., Shi, K., Yu, J., Zhou, Y. (2016). Phytochrome A and B Function Antagonistically to Regulate Cold Tolerance via Abscisic Acid-Dependent Jasmonate Signaling. *Plant Physiology*. 170: 459-471.
- Wang, X., Li, Q., Xie, J., Huang, M., Cai, J., Zhou, Q., Dai, T., Jiang, D. (2021). Abscisic Acid and Jasmonic Acid are Involved In Drought Priming-Induced Tolerance To Drought In Wheat. *Crop Journal*. 9: 120-132.
- Xiang, C., Oliver, D.J. (1998). Glutathione Metabolic Genes Coordinately Respond To Heavy Metals and Jasmonic Acid in Arabidopsis. *Plant Cell*. 10: 1539-1550.
- Yan, Z., Chen, J., Li, X. (2013). Methyl Jasmonate As Modulator of Cd Toxicity in *Capsicum frutescens* var. *fasciculatum* Seedlings. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 98: 203-209.
- Zhai, Q., Zhang, X., Wu, F., Feng, H., Deng, L., Xu, L. (2015). Transcriptional Mechanism of Jasmonate Receptor COI1-Mediated Delay of Flowering Time in Arabidopsis. *The Plant Cell*. 27: 2814-2828.
- Zhang, C., Huang, Z. (2013). Effects of Endogenous Abscisic Acid, Jasmonic Acid, Polyamines, and Polyamine Oxidase Activity in Tomato Seedlings Under Drought Stress. *Scientia Horticulture*. 159: 172-177.
- Zhao, M.L., Wang, J.N., Shan, W., Fan, J.G., Kuang, J.F., Wu, K.Q., Li, X.P., Chen, W.X., He, F.Y., Chen, J.Y. (2013). Induction of Jasmonate Signalling Regulators MAMYC2S and Their Physical Interactions With Maice1 in Methyl Jasmonate-induced Chilling Tolerance in Banana Fruit. *Plant Cell Environment*. 36: 30-51.

BÖLÜM 13

BİYOKÖMÜR İLAVELİ ATIK ÇAMURUNDA YETİŞTİRİLEN CERCİS SİLİQUASTRUM BİTKİSİNİN BÜYÜME VE GELİŞİM PERFORMANSI

Dr. | Güzella YILMAZ VURAL^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13286010>

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü E-mail. guzella.yilmaz@gop.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-9284-9698

GİRİŞ

İnsan nüfusundaki hızlı artış beraberinde düzensiz ve plansız kentleşmeleri beraberinde getirmiştir. Düzensiz kentleşme sorunu yeşil alanların sınırlı kalmasına ve çevre sorunlarının artmasına neden olmuştur. Yeşil alanların azalması sonucu ortaya çıkan problemler insanların bu alanlarla ilgili bilinç düzeyini ve özlemini arttırmıştır. Yeşil alan gereksinimleri bu alanlarda kullanılan bitkiler için talebin artmasını beraberinde getirmiştir. Süs bitkileri sektörü, özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra, önemli bir ticaret alanı haline gelmiştir (Ay,2009).

Son yıllarda Dünya genelinde süs bitkileri üretim ve ticareti hızla artmış ve birçok ülkede bu sektör ekonomi için önemli bir sektör haline almıştır (Anonim, 2020a). Son yıllarda Türkiye'de de süs bitkileri sektöründe önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle resmi ve özel kuruluşların peyzaj çalışmalarına verdiği önemin artması süs bitkilerine duyulan ihtiyacı da arttırmıştır (Anonim, 2020b). Fakat, ülkemizde, süs bitkileri yetiştiriciliğine verilen önem arttığı halde, üretim hala talebi karşılayacak seviyeye ulaşmamıştır. Ülkemizdeki üretim talebi karşılayamadığı için, karşılanamayan süs bitkileri ihtiyacı ithalat yolu ile sağlanmaktadır. Ülkemiz, süs bitkileri ithalatı için 2018 yılında yaklaşık 60 milyon \$, 2019 yılında 43 milyon \$ harcamıştır. Bitki fiyatları çok değişken olup, çeşitli faktörler bitki fiyatını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden sağlıklı bitki üretimi bu sektör için çok önemlidir. Ülkemizin ekolojik koşulları, süs bitkileri yetiştiriciliği için çok uygun olduğu halde üretim tekniklerinin yetersiz oluşu, mekanizasyonun yaygın olmayışı ve işletmelerin sermayelerinin kısıtlı oluşu, bitki üretiminin yetersiz olmasına neden olmaktadır (Anonim, 2020a). Ülkemizdeki süs bitkileri üretimini arttırmak ve daha kaliteli üretim yapabilmek için yöntemler geliştirmenin ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Dünya nüfusunun artması sonucu ortaya çıkan sorunlardan bir tanesi de evsel ve endüstriyel kökenli atık su arıtma çamuru miktarının hergün daha fazla artmasıdır. 2018 yılında ülkemizde, 319 bin ton (kuru madde bazında) atık su arıtma çamuru elde edilmiştir (TUİK, 2018). Atık su arıtma çamuru birçok kirletici maddeyi içinde barındırır. Ayrıca atık çamuru depolama alanları çevre ve insan sağlığı açısından büyük tehdit oluşturan çevre kirliliğine neden olur. Zararlı etkileri yüksek olan atık depolama çamurlarının

organik maddelerinin yüksek oluşu, bu materyalin zararlı etkilerinin bertaraf edilerek kullanılabilirliğini akla getirir. Atık depolama çamuru miktarının her geçen gün artması çevreye verdiği zararı da her geçen gün arttırdığı için, atık çamurunun zararlarının ortadan kaldırılması ve tekrar kullanıma kazandırılması büyük önem taşımaktadır (Hanay ve Hasar, 2000; Topcuoğlu vd., 2003).

Arıtma çamurunun, tarımsal amaçla kullanımı, bu materyalin ekonomik ve çevreye zararsız olarak tekrar kullanımına olanak sağlayacaktır. Organik madde oranı %50-70 ve besin elementlerince zengin olan ve içeren arıtma çamurunun bitki yetiştiriciliğinde kullanımı, gübre kaynağı görevi de üstlendiği için, üretimin ekonomik oluşuna olanak sağlayacaktır (Grigatti, 2007). Arıtma çamurları, ahır gübresi ve kompost kadar yüksek besin değerine sahiptir (Tabatabai ve Frankerberger, 1979; Sommers, 1997). Arıtma çamurlarının içeriği incelendiğinde, bu materyalin bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olan bütün elementleri yeterli miktarda içerdiği görülmektedir (Linden vd., 1983). Birçok ülkede tarımsal alanlarda, orman alanlarında, peyzaj tasarımlarında vb. arıtma çamuru kullanımı yaygınlaşmıştır (Küçükhemek vd., 2005). Arıtma çamurunun ülkemizde de, süs bitkileri üretiminde kullanımı giderek artmaktadır (Arıkan ve Öztürk, 2005; Bozdoğan vd., 2009; Akat vd., 2013; Demirkan vd., 2013). Atık çamurları zararlı etkileri bertaraf edilerek süs bitkileri sektöründe kullanılırsa, çevre kirliliğine sebep olan ve her geçen gün miktarı artan bu materyalin tekrar kullanıma kazandırılması önemli bir adım olacaktır. Ayrıca besin elementlerince ve organik maddece zengin olan bu materyalin yetiştirme ortamı olarak kullanımı yetiştirme ortamı ve gübreleme için kullanılan yüksek giderin ortadan kaldırılmasına olanak sağlayacaktır. (Çetinkale vd., 2014). Tüm bu olumlu özelliklerinin yanı sıra birçok kirletici ve patojen içeren arıtma çamurunun önlem alınmadan yetiştirme ortamı olarak kullanımı ciddi sağlık sorunlarını ve çevresel sorunları beraberinde getirir (Topcuoğlu vd., 2003). Çünkü, arıtma çamurları bitki için yararlı çinko, bakır ve nikel gibi bitki için yararlı metallerin yanı sıra kurşun, kadmiyum ve civa gibi bitki için toksik etki yaratan ağır metalleri de barındırır. Bitki gelişimi için gerekli olan ağır metallerde dahil olmak üzere ağır metallerin bitki bünyesinde fazlaca birikmesi bitki için son derece risklidir (Gür vd., 2004). Ağır metal veya toksik maddeler bitkide, boyda kısılma, gelişimde yavaşlama hatta bitki

ölümü gibi sorunlara yol açmaktadır, bu etkiler bitkinin ağır metal toleransına göre değişkenlik gösterir (Akın ve Kahraman, 2018). Atık çamurunun belirtilen zararlarına karşı önlem alınarak çevreye ve sağlığa zarar vermeyecek forma dönüştürülmesi, atık çamurunun süs bitkisi yetiştiriciliğinde başarılı bir şekilde kullanımına olanak sağlayacaktır (Tolay vd., 2000).

Biyokömür kullanmak, atık depolama çamurunun zararlı etkilerinin bertaraf edilerek bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilmesine olanak sağlayabilir. 250°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, havasız veya az havası olan ortamda yakılarak üretilen biyolojik kömüre biyokömür denilir (Karhu vd., 2011). Biyokömür bitki verimi ve işlevini artırırken atmosferik karbonu da azaltır (Sohi vd., 2010). Biyokömür kullanımının, ağır metal kirliliğinin canlılar için vereceği zararı engellemede etkili olacağı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar, biyokömürün karbon stabilesinin yüksek olduğunu, toprak düzenleyici olduğunu, su tutma kapasitesinin yüksek olduğunu ve besin elementi döngüsüne katkı sağladığını göstermektedir (Sigua vd., 2016; Tag vd., 2016; Githinji, 2014). Negatif yüklü olan biyokömür, besin elementlerinin ve suyun tutumunu sağlar (Conte vd., 2013). Biyokömür toprak kökenli patojenleri baskılar, fitotoksik organik molekülleri absorbe eder ve böylece bitki gelişimine katkı sağlar (Eo vd., 2018; Oleszczuk vd., 2012). Biyokömürün bahsedilen bütün bu özellikleri, bu materyalin atık çamuruna ilave edilmesinin, atık çamurunun zararlı etkilerini azaltacağı veya yok edeceği düşünülmektedir.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait serada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Erguvan (*Cercis siliquastrum*) bitkisi kullanılmıştır. Çalışmada torfta çimlendirilen erguvan tohumları 2-3 yapraklı hale geldiğinde, yetiştirme ortamları hazırlanmış ve bitkiler hazırlanan saksı karışımlarına alınmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, her tekerrürde 5 saksı olacak şekilde 3'er tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her saksıya bir adet bitki dikilmiştir. Çalışma, arıtma çamurunun bitki büyüme ve gelişimine katkısını belirlemek amacı ile, kontrol (sadece toprak), %49 toprak + %49 atık çamuru + %2 biyokömür ve %98 atık

çamuru + %2 biyokömür karışımı olmak üzere üç farklı yetiştirme ortamında yürütülmüştür.



Şekil 1: Farklı ortamlarda yetiştirilen Erguvvan bitkisinin gelişimi

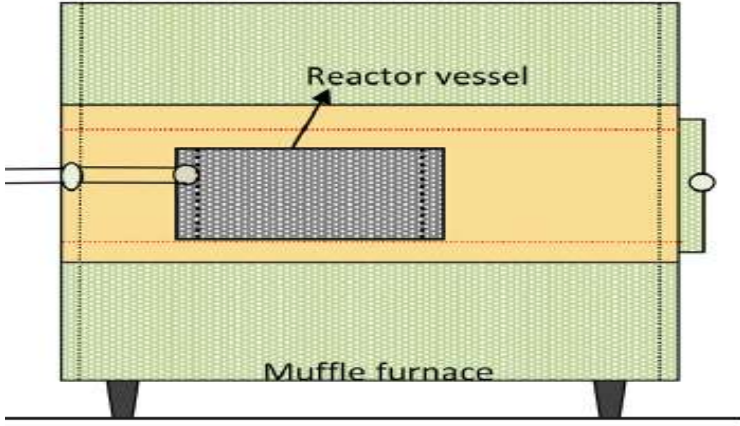
Tokat atık depolama alanından elde edilen atık çamuru kurutulduktan sonra 4mm'lik elek ile elenmiştir. Bitkiler su ihtiyacı oldukça düzenli olarak sulanmıştır. Çiçeklere gübreleme yapılmamış atık çamurunun besin içeriğinden yararlanılmıştır. Denemede kullanılan atık çamurunun ağır metal içeriği ve besin maddesi içeriği Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme sonlandırılırken gerekli ölçümler yapılmış elde edilen veriler varyans analizi ile analiz edildikten sonra uygulama ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistik analizler SAS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 1: Çalışmada kullanılan atık çamurunun ağır metal ve besin maddesi içerikleri (mg/kg)

Besin Elementleri	Toplam konsantrasyon (mg/kg)	Bitkiye yararlı konsantrasyon ve bitki için yeterlilik durumu (mg/kg)*
N	%0.88 (Yeterli)	
P	5732	73,4 (Fazla)
K	4792	275 (Yeterli)
Mg	18375	1874 (Fazla)
S	4529	2120 (Çok Fazla)
Ca	58308	7845 (Fazla)
Fe	38676	150 (Çok Fazla)
Zn	189	86 (Çok Fazla)
Mn	790	54,7 (Çok Fazla)
Cu	161	32,2 (Çok Fazla)
B	53	18,3 (Fazla)
pH	6,70 (Nötr)	
Tuz (%)	0,306 (Orta Tuzlu)	
Kireç (%)	6,1 (Orta kireçli)	
Organik madde (%)	6,45 (Yüksek)	
Ağır metaller**		
Ağır Metal	Toplam konsantrasyon (mg/kg)	Bitki tarafından alınabilir konsantrasyonu ve bitki için risk durumu (mg/kg)
Ni	83,5	7,12 (Riskli)
Al	18545	9,86 (Risk yok)
Cd	1,0	0,12 (Risk yok)
Co	9,85	0,62 (Orta Riskli)
Cr	104	0,08 (Risk yok)
Pb	47,7	0,64 (Orta riskli)

* Sparks vd., 2020. *Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods'a göre değerlendirilmiştir.* **86/278/EEC — Arıtma Çamuru Direktifinde toprak ve çamur için belirtilmiş, olan kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Biyokömür üretiminde, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi bünyesinde bulunan kavak ağaçlarının budama atıkları kullanılmıştır. Kavak budama atıkları kurutulduktan sonra (hava kuru), 0,5 mm büyüklüğünde öğütülüp, özel hazırlanmış krom çelik kaplarda, kül fırını içerisinde 500 °C'de yavaş proliz işlemi uygulanarak biyokömür haline getirilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2: Biyokömür üretiminde kullanılan piroliz ünitesinin gösterimi



Şekil 3: Biyokömür üretimi için özel imal edilmiş kabın kül fırını içerisindeki görüntüsü

2. BULGULAR

Her uygulama için her tekrerde 5 adet saksıdan 3'er tekrür olacak şekilde 15 saksı yer almaktaydı. Kontrol grubundaki 15 bitkiden 7 bitki, %49 toprak + %49 atık çamuru + %2 biyokömür ortamında yetiştirilen 15 bitkiden 3 bitki ve %98 atık çamuru + %2 biyokömür ortamında yetiştirilen 15 bitkiden 5 tanesi hayatta kalamamıştır. Bitki boyu ele alındığında %49 toprak+%49 atık çamuru+%2 biyokömür ilaveli saksıda yetişen bitkilerde kontrol grubuna göre, %98 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında yetişen

bitkilerde de %49 toprak+%49 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında yetişen bitkilere göre önemli derecede artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda 2.43 cm olan bitki boyu %98 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında 14.86 cm'e kadar yükselmiştir. Yan dal sayısı her iki karışımında yetişen bitkilerde de kontrol grubundaki bitkilere kıyasla önemli derecede artmıştır. En fazla yan dal sayısına %98 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında ulaşılmıştır. Gövde çapında, %49 toprak+%49 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında yetişen bitkilerde kontrol grubuna göre artış gözlemlenirken bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. %98 atık çamuru+%2 biyokömür karışımında yetiştirilen bitkilerin gövde çapları ise hem kontrol hem de diğer karışımında yetiştirilen bitkilerin gövde çaplarına göre önemli derecede artmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2: Farklı yetiştirme ortamlarının Erguvan bitkisinin gelişimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Bitki Boyu	Yan Dal	Gövde Çapı
Kontrol	2.43 a	3.6 a	1.44 a
%49 toprak+%49 atık çamuru+%2 biyokömür	9.45 b	7.25 b	1.51 a
%98 atık çamuru+%2 biyokömür	14.86 c	8.72 b	2.83 b

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir ($p < 0.05$)

Gübreleme yapılmadığı halde atık çamuru ilaveli her iki karışımında da bitkiler sağlıklı şekilde büyüme ve gelişme göstermişlerdir. Gübrelemeye ihtiyaç kalmamasının nedeninin atık çamurunun sahip olduğu yüksek besin içeriği olduğu düşünülmektedir. Kontrol grubundaki bitkilerde bitki ölümlerinin yüksek oluşunun da besin değeri eksikliğinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Çalışmada kullanılan atık çamuru ilaveli karışımlarında yetiştirilen bitkiler kıyaslandığında, biyokömür yüzdeleri aynı olduğu halde yüksek atık çamuru içeren karışımında yetiştirilen bitkilerin daha fazla büyüme ve gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuç bize %2 biyokömür ilavesinin daha yüksek miktardaki atık çamurunun zararlı etkisini ortadan kaldırdığını ve bitkilerin daha yüksek miktarda atık çamuru ilavesinde

daha iyi gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlara paralel olarak, Chaney (1990) bitkinin ihtiyaç duyduğu N, P miktarının atık çamuru kullanılarak karşılanabileceğini kaydetmiştir. Yapılan başka çalışmalarda, uzun süre işlenen topraklardaki Cu ve Zn gibi element eksiklerinin atık çamuru kullanılarak ortadan kaldırılabilceği bildirilmiştir (Logan ve Chaney, 1983; Martens ve Westerm ann, 1991). Mendez vd., (2017) marul bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada atık çamuru ve biyokömür kullanımının bitki büyüme ve gelişimine önemli dereced katkı sağladığını kaydetmişlerdir.

Atık çamurunun içinde bulunan ağır metal ve fitotoksit etkisinin bitki ölümüne neden olacağı bilinmektedir (Kahraman, 2018). Kontrol grubuna göre atık çamuru karışımı olan her iki ortamda da bitki ölümlerinin daha az oluşu biyokömür kullanımının atık çamurundaki zararlı etkileri ortadan kaldırdığını düşündürmektedir. Bu sonuçla paralel olarak, Oleszcuk vd., (2012) atık çamurunun zararlı etkilerinin biyokömür kullanılarak azaltılabileceğini veya ortadan kaldırılabilceğini öne sürmüşlerdir. Buğday bitkisi kullanılarak yapılan bir çalışmada, biyokömür uygulamalarının bitkideki Cd konsantrasyonunu azaltmada etkili olduğu gözlemlenmiştir (Acir ve Erdem, 2020).

Elde edilen veriler incelendiğinde Yılmaz Vural'ın (2022), Lehmann vd.'nin (2003) ve Luo ve Gu' nun (2016) yapmış olduğu çalışma sonuçlarına benzer olarak biyokömür uygulamalarının bitki büyüme ve gelişimine olumlu yönde katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

3. SONUÇ

Yapılan çalışma sonucu süs bitkileri yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı olarak kullanılan maliyeti yüksek materyaller yerine atık çamurunun kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmadan elde edilen verilere göre atık çamuru beraberinde biyokömür kullanımının atık çamurunun zararlı etkilerini azalttığı hatta belki de ortadan kaldırdığı sonucuna varılmaktadır. Atık çamurunun zararlı etkilerinin biyokömür kullanılarak bertaraf edilmesi ve böylelikle her geçen gün miktarı katlanarak artan ve çevre için ciddi tehdit oluşturan atık çamurunun kullanıma kazandırılması sürdürülebilirlik için önemli bir adım olacaktır. Ayrıca yetiştirme ortamı olarak kullanılan, elde edilirken çevreye zarar verilen ve maliyeti yüksek olan torfun yerine atık

çamurunun kullanımı, hem çevreye faydalı çözüm önerisi olacak hem de ülkeye ekonomik katkı sağlayacaktır.

Çalışma sonucunda, biyokömür uygulamaları ile birlikte, bitkilerin büyüme ve gelişimlerinin arttırılabileceği ve daha verimli üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Biyokömür uygulamaları her ne kadar bitki büyüme ve gelişimini arttırmış olsa da çalışmada elde edilen sonuçlara göre, farklı çeşit ve dozdaki biyokömür farklı bitkilere, farklı etki edebileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Anonim, (2020a). Süs Bitkileri Sektör Raporu. Süs Bitkileri Üreticileri Alt Birliği, <http://www.susbir.org.tr/index.php/raporlar> (erişim tarihi:22.10.2021).
- Anonim, (2020b). Süs Bitkileri ve Mamulleri Sektör Raporu. Turkish Flowers, <http://www.susbitkileri.org.tr/images/d/library/354b3de7-2257-4c30-b60d-998ecc546d7b.pdf> (erişim tarihi: 28.10.2021).
- Arıkan, A.O ve Öztürk, İ. (2005). “The effect of adding organic domestic solid waste on composting of sewage sludge”, ITU Journal/d Mühendislik, 4(1), 15-24 (in Turkish).Bozdoğan, E., Çetinkale G. ve Söğüt, Z. 2009. “Atık su arıtma çamurlarının yeniden kullanımları“, Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi –UKAY 2009. 334-342.
- Ay, S. (2009). Süs bitkileri ihracatı, sorunları ve çözüm önerileri: Yalova ölçeğinde bir araştırma. Suleyman Demirel University Journal Of Faculty Of Economics & Administrative Sciences. Vol. 14 Issue 3, P423-443. 21p.
- Chaney, R.L. (1990). “Twenty years of land application research“, Biocycle, September 54-59.
- Conte, P., Marsala, V., De Pasquale, C., Bubici, S., Valagussa, M., Pozzi, A., Alonzo, G. (2013). “Nature of water-biochar interface interactions“, GCB Bioenergy 5:116–121.
- Çetinkale Demirkan, G., Akat, H., Yokaş, İ. (2014). “The effect of wastewater treatment sludge on plant growth and flowering in *Clarkia amoena* (Ground Azalea)”, U. Ü. Journal of Faculty of Agriculture, 2014, 28(2), 49-57 (in Turkish).
- Demirkan, Ç. G., Akat, H., Yokaş; İ. (2014). Atık su arıtma çamurunun *clarkia amoena* (Yer Açelyası) türünde bitki gelişimi ve çiçeklenme üzerine etkisi. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University 28(2):49-57.
- Demirkan, Ç.G., Akat., H. ve Yokaş, İ. (2013). “The effect of using waste mud as cover material on some grass species”, V. Ornamental Plants Congress, 06-09 May, 2013 ,Yalova (in Turkish).
- Eo, J., Park, K.C., Kim, M.H., Kwon, S.I., Song, Y.J. (2018). “Effects of rice husk and rice husk biochar on root rot disease of ginseng (*Panax ginseng*) and on soil organisms“, Biological Agriculture & Horticulture, 34(1), 27-39.
- Garcia-Gomez, A., Bernal M.P., Roig A. (2002). Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes, Bioresource Technology 83, pp. 8187, 2002
- Githinji, A. (2014). “Effects of Training on Employee Performance: A Case Study of United Nations Support Office for the African Union Mission

- in Somalia“, (MBA Thesis) retrieved from <http://erepo.usiu.ac.ke/handle/11732/71>., son erişim tarihi: 04.02.2022.
- Grigatti, M., Giorgioni, M. E., Ciavatta, C. (2007). “Compostbased growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants“, *Bioresource Technology*, 98, 3526-3534.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D. (2004). “Heavy metal ions (Cu+2, Pb+2, Hg+2, Cd+2) Clivia sp. germination of pollen and its effects on tube growth“, *F.Ü. Journal of Science and Mathematical Sciences*, 16(2), 177-182 (in Turkish).
- Hanay, Ö. ve Hasar, H. (2000). “Agricultural use potential of urban wastewater treatment plant sludge in Kayseri province“, *Science and Eng. J. Of Firat University*, 19, 3, 333-337 (in Turkish).
- Hernandez-Apaolaza L., Gasco A. M., Gasco J. M., Guerrero F. 2005. Reuse of Waste Materials as Growing Media for Ornamental Plants, *Bioresource Technology*, 96: 125-131.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergstrom, I., Regina, K., (2011). “Biochar addition to agri-cultural soil increased ch4 uptake and water holding capacity results from a short-term pilot field study“, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140: 309-313. doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005.
- Küçükhemek, M., K. Gür, R. Uyanöz ve Ü. Çetin. (2005). “The effects of waste sludge and farm manure on grass plant yield and color characteristics“, *Dokuz Eylül University, I. National Sewage Sludge Symposium Proceedings*, Izmir, 25-26 March 2005: 375-384 (in Turkish).
- Lehmann, J., da Silva, Jr JP., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B., (2003). Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments, *Plant and Soil*, 249, 343–357.
- Linden, D.R., Clap, C.E., Dowdy, R.H. (1983). “Hydrologic management: nutrients. Proceedings of the workshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land“, *Riverside, University of California*, 79, 103.
- Logan, T.J. ve Chaney , L. (1983). “Metals.pp In utilization of municipal wastewater and sludge on land“, A.L. Page, T.L. Gleason, J.E., Smith, I.K., Iskender and C.E. Sommers, eds. *Riverside*.
- Luo, L., Gu, J.D. (2016). Alteration of extracellular enzyme activity and microbial abundance by biochar addition: Implication for carbon sequestration in subtropical mangrove sediment. *Journal of Environmental Management* 182: 29-36.
- Martens, D.C. ve Wester mann, D.T. (1991). “Fertilize applications for correcting micronutrient deficiencies in micronutrients in agriculture“,

- Mortvedt, J.J. et al., eds., Soil Sci. Soc. of Amer. Book Series, No. 4, Madison, Wisconsin, Amer. Soc. of Agronomy
- Mendez, A., Cardenas-Aguiar, E., Paz-Ferreiro, J., Plaza, C ve G. Gascob, G. (2017). The effect of sewage sludge biochar on peat-based growing media. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33 (1): 40–51.
- Oleszczuk, P., Rycaj, M., Lehmann, J., Cornelissen, G. (2012). “Influence of activated carbon and biochar on phytotoxicity of air-dried sewage sludges to *Lepidium sativum*“, *Ecotoxicol. Environ*, 80, 321–326.
- Sigua, G.C., Novak, J.M., Watts, D.W., Johnson M.G., Spokas, K. (2016). “Efficacies of designer biochars in improving biomass and nutrient uptake of winter wheat grown in a hard setting subsoil layer“, *Chemosphere*, 142, 176-183.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R.. (2010). “Biochar climate change and soil: A review to guide future research“, Rep. No. 05/09. CSIRO.
- Sommers, L. E. 1997. “Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizer“, *J. Environmental Quality*, 6, 225-232.
- Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). “Methods of soil analysis“, Chemical methods, 14.
- Tabatabai, M.A. ve Frankerberger, W.T. (1979). “Chemical composition of sewage sludges in Iowa“, *Agriculture and Home Economics Experimental Station, Iowa State University of Sci. and Technology Research Bulletin*, 586.
- Tag, A.T., Duman, G., Ucar, S., Yanik, J. (2016). “Effects of feedstock type and pyrolysis temperature on potential applications of biochar“, *J. Anal Appl Pyrol* 120:200–206.
- Tolay, U., Yavuzşefik, Y., Tolay, M., Söğüt, N. (2000). “Research on the use of sludge in plant production“, *Turk J Agric For* 24, 705-712 (in Turkish).
- Topcuoğlu, B., Önal, M.K., Arı, N. (2003). “The effect of urban sewage sludge applied to the soil on tomato plants, plant nutrients and heavy metal contents“, *Journal of Akdeniz University Faculty of Agriculture*, 16(1), 87-96 (in Turkish).
- Yılmaz Vural, G., (2022). "Disposal Of Storage Sludge Caused By Environmental Pollution With Biochar Applications And Ensuring Its Use In Landscape Works", *Ijlar*, 6(2), (Yayın No: 8019028).

BÖLÜM 14

HİBİSKUS BİTKİSİ'NİN (*Hibiscus sabdariffa* L.) TARIMI VE FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ziraat Müh. | Barış Sina BAŞAR¹

Doç. Dr. | Şeyda SAVALAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13286012>

¹Ziraat Mühendisi, Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye, bsbasar@outlook.com , Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0001-5518-1609>

²Doç. Dr., Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, ssavalan@nku.edu.tr, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-7047-0943>

GİRİŞ

Dünya üzerinde 243 cins ve 4300 türü olan Malvaceae (Ebegümeçigiller) familyasının Türkiye’de ise 14 cins bunlardan 3 tanesi kültür ve 54 tür bunlardan ise 7’si kültür olmak üzere, dünyanın (kutup bölgeleri hariç) her yerinde yayılış gösteren çiçekli bitkiler familyasıdır. Bu familyanın önemli bir cinsi olan hibiskus tropikal ve subtropikal bölgelere yayılmış yaklaşık 300 türe sahiptir. Hibiskus bitkisi Afrika’nın tropik kuşağında (orta-batı) ve Asya’nın güneydoğu bölgelerinde doğal olarak yetişmektedir. Hibiskusun birçok ülkede tarımı yapılmaktadır (Judd vd. 2008). Yapılan araştırmalar gözü-nünde bulundurulduğunda bu bitki çoğunlukla çay olarak tüketilmektedir, gıda, boya, sağlık v.b birçok sektörde önemli bir yere sahiptir (Yazici, 2023).

1. EBEGÜMECİGİLLER (Malvaceae)

Malvaceae familyası, genelde demet tüyler taşıyan, otsu bitkilerin veya küçük ağaçların bulunduğu bir familyadır. Bikide epikaliks mevcut olup, 5 veya daha az sepal bulunur. Petaller 5 adet olup serbesttir, ancak büyüme öncesi dönemde staminal tüp üzerinde çarpık bir şekilde birleşmişlerdir. Filamentlerin üst kısımları ayrı ve polen taneleri dikenlidir (Mohamed vd., 2012).

Malvaceae familyası ekonomik değerlerinin yanı sıra çevre açısından da önemli bir rol oynamaktadır. Malvaceae bitkileri, arılar, kelebekler ve kuşlar da dahil olmak üzere birçok hayvan için besin kaynağıdır. Malvaceae bitkileri ayrıca toprak erozyonunun önlenmesine yardımcı olur ve yaban hayatı için yaşam alanı sağlar. Malvaceae familyası, uzun ve zengin bir tarihe sahip, çeşitli ve önemli bir çiçekli bitki grubudur. Malvaceae bitkileri insanlar tarafından gıda, ilaç, lif ve süs amaçlı kullanılmaktadır. Malvaceae bitkileri de çevrede önemli bir rol oynamaktadır (Stevens, 2017).

Ticari önemi olan türleri arasında bamyacı, pamuk, kakao, durian meyvesi ve roselle, bulunur. *Alcea* (gülhatmi), *Malva* (ebegümeçi) ve *Tilia* (ıhlamur) gibi tanıdık süs bitkileri içeren bazı cinsler de vardır. En fazla türe sahip olan cinsler arasında *Hibiskus* (434 tür), *Pavonia* (291 tür), *Sida* (275 tür), *Ayenia* (216 tür), *Dombeya* (197 tür) ve *Sterculia* (181 tür) bulunmaktadır (Judd vd., 2008; Yazici ve Erbay, 2024).

Malvaceae familyası yüzyıllardır insanlar tarafından gıda, ilaç ve lif amacıyla kullanılmıştır. Pamuk, Malvaceae familyasındaki en önemli ekonomik üründür ve giyim, havlu ve yatak takımları da dahil olmak üzere çok çeşitli ürünlerin yapımında kullanılır. Bamyada dünyanın birçok yerinde popüler bir gıda ürünüdür. Çorba, güveç ve diğer yemeklerin yapımında kullanılır. Hibiskus popüler bir süs bitkisidir ve bitki çayları ve diğer ürünlerin yapımında da kullanılır. Marshmallow, hatmi bitkisinin kökünden yapılır ve şeker ve diğer şekerlemelerin yapımında kullanılır (Heywood vd., 2007).

2. HİBİSKUS BİTKİSİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Taksonomisi

Bölüm: Spermatophyta

Alt Bölüm: Angiospermae

Şube: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Malvales

Familya: Malvaceae

Cins: Hibiscus

Tür: *Hibiscus sabdariffa*

Hibiskus sahip olduğu antioksidan, antimikrobiyal özellikler nedeniyle değerli bir bitki türüdür. Bu nedenle bitkinin kaliksleri, yaprakları ve tohumları gıda, kozmetik, hayvan yemi, ilaç gibi birçok farklı sektörde kullanılmakta ve değerlendirilmektedir (Yeniçeri ve Akkemik, 2023).

Bu bitki türü kazık kök yapısına sahiptir. Ortalama üç metre boyundadır. Yaprakları 7.5 ile 12.5 cm uzunluğunda; yeşil, kırmızıya yakın renklerde ve damarlı bir bitkidir. Hibiskus yaprakları, silindirik kırmızı saplar üzerinde düz ve sıralı bir dizilimdedir. Rosellenin çiçekleri ise kurudukça renkleri pembeye dönen kestane veya gül rengindedir (Şekil 1). Hibiskus çayındaki ekşi tat; %15 ile 30 oranlarında değişkenlik gösteren sitrik asit, malik asit, tartarik asit ve hibiscin asit gibi asit içeriklerinden, kırmızımsı renk ise yaklaşık %1,5 oranında bulunan antosiyanin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Hibiskus yüksek pigment içeriğinden dolayı iyi bir boyama kabiliyetine sahip olduğu için gıda renklendiricisi olarak da kullanılmaktadır (Gonzalez-Palomares vd., 2009).



Şekil 1: Hibiskus bitkisi kaliksleri ve çiçeği

Genellikle bu türün üyeleri küçük ağaçlar, otsu veya tırmanıcı yapıdaya sahiptirler. Sap ve yaprak rengi koyu yeşille kızılımtırak arasında renk değişimine sahiptir. Yaprakları üç ila beş boğumlu, 8 ila 15 santimetre uzunluğundadır. Çiçekleri soluk sarı, kremi beyaz renkte olup 8-10 santimetre çapındadır (Şekil 1). Çiçeklenme mevsiminin sonunda kaliksler etlenir ve kaliks kısmı etli, parçalı, ekşi lezzetli ve koyu kırmızı renklidir. Çanak dibinde 1.5-2 santimetre çapında, çanak ucunda 3-3.5 santimetredir.

Epikaliks, parçalanmamış ve doğrusal segmentlerden oluşan bir yapısı vardır. Stilus, meyve kapsülü 5 adet boşluk ve her bir boşlukta birkaç adet tohum bulunur. Hibiskus, çalı formunda yetişir ve tek yıllık bir bitkidir. Boyu, yetiştirme koşullarına göre ve ekim zamanına bağlı olarak 1-3 m'ye kadar ulaşabilir. Üst yapraklar 3-5 adettir, palmat, loblu, alt yaprakları ise oval şekildedir ve sapları daireseldir (Özdoğan, 2011).

Hibiskus sıcak iklim bitkisidir. Bu bitkinin belirgin özelliği, beyaz çiçeklerin olgunlaşarak kalınlaşan sepalleriyle elde edilen kırmızı meyve kapsülleridir (Şen, 2011). Tohumlar böbrek şeklinde, obovoid, tüysüz veya tüylü olabilmekte ve tohumlar bol miktarda endosperm içermektedir (Şekil 2).

Embriyo kavisli, kotiledon düz, katlanmış veya kıvrımlıdır (Xu vd., 2017). Roselle olarak da bilinen Hibiskus, geleneksel tıbbi kullanımlarının yanı sıra ferahlatıcı içeceklerin, tatlıların gıdaların ve dondurmaların renklendirilmesinde de kullanılan doğal bir üründür (Şen, 2011).



Şekil 2: Hibiskus tohumları

Tohumlar %17,8–21 yemeklik olmayan yağ ve %20 protein içerir, bazen hayvan yemi için kullanılır. Roselle, çeşitli kullanımları olan esnek bir bitkidir. Çok az bakım gerektirir. Yaprakları, geleneksel ilaçlarda tohumlar, kapsüller ve saplar kullanılır (Mohamed, 2012).

Bu bitkinin çiçek tomurcukları yüksek antosiyanin içeriğine sahiptir. Bu bitkilerden elde edilen ekstraktlar, geleneksel tıp uygulamalarının yanı sıra karaciğer hastalıkları, yüksek tansiyon, ateş gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Hibiskus cinsine ait farmakolojik araştırmalar, bazı türlerde bulunan faydalı biyolojik aktiviteleri ortaya koymuştur. Bu aktiviteler arasında kan basınç düşürücü etkisi, antidiyaretik, antispermatojenik, antitümör, antidiyabetik, antikonvülzan, antihelmintik, antioksidant ve antimutajenik özellikler bulunmaktadır (Guardiola ve Mach, 2014).

Hibiskus, gıda endüstrisinde de yaygın olarak kullanılan bir bitkidir. Reçel, jöle, dondurma gibi gıdalarda lezzet ve renk vermek için kullanılır. Ayrıca, tekstil ve boya endüstrisinde doğal boyaların üretiminde de kullanılır. Bu, doğal kaynaklardan elde edilen ve çevre dostu renklendirme maddelerine olan talebin arttığı bir dönemde bitki üzerine yapılan bilimsel çalışmalar özellikle önem kazanmıştır (Sankaralingam vd., 2022).



Şekil 3: Hibiskus çiçekleri ve kaliks oluşumu

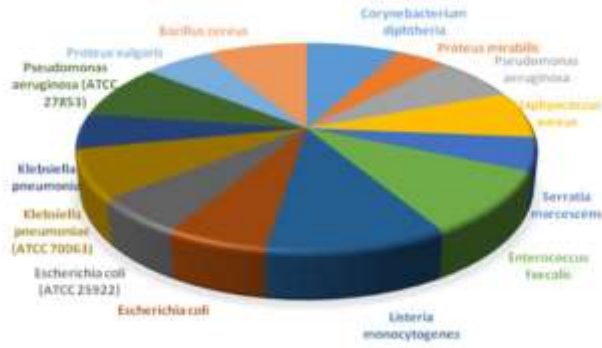
3. HİBİSKUS BİTKİSİNİN FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Fitokimyasallar, bitkiler tarafından korunmaları için üretilen bitki bazlı biyoaktif bileşiklerdir. Kepekli tahıllar, meyveler, sebzeler, kuruyemişler ve otlar gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilirler ve bugüne kadar binden fazla fitokimyasal keşfedilmiştir. Önemli fitokimyasallardan bazıları karotenoidler, polifenoller, izoprenoidler, fitosteroller, saponinler, diyet lifleri ve bazı polisakkaritlerdir. Bu fitokimyasallar güçlü antioksidan aktivitelere sahiptir ve antimikrobiyal, ishal önleyici, antelmintik, anti alerjik, antispazmodik ve antiviral aktiviteler sergiler (Izquierdo-Vega, 2020).

Hibiskus bitkisinin ekstraktları, çeşitli organik asitleri içeren önemli bir bileşim profiline sahiptir. Ana bileşikler arasında sitrik asit, hidroksisitrik asit, hibiskus asit, malik asit ve tartarik asit bulunmaktadır. Ayrıca, ikincil bileşikler arasında oksalik asit ve askorbik asit (C vitamini) de yüksek oranlarda bulunmaktadır. (Da-Costa-Rocha, 2014).

Organik asit içeriği yapılan çalışmalara göre değişkenlik göstermekte olup, hibiskus asidi %13-24, sitrik asit %12-20, malik asit %2-9, tartarik asit %8 ve askorbik asit %0.02-0.05 arasında değişmektedir. Bu asitlerin varlığına dair ilk raporlar 1930'ların sonlarına dayanmakta olup, sitrik ve malik asitlerin kaliksin sulu ekstraktlarında keşfedildiği bildirilmiştir. Bu asitlerin Mısır, Senegal ve Hindistan'dan beş farklı hibiskus suşunda bulunduğu belirtilmiştir. (Eggensperger ve Wilker, 1996).

Askorbik asit, ekstraktlarda bulunurken, taze kaliklerde 6.7-14 mg/100 g arasında değişirken, kurutulmuş kaliklerde 260-280 mg/100 g arasında değişiklik göstermektedir. İkinci bir raporda belirtilene göre, askorbik asit miktarının literatürde daha önce bildirilenlerden daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Gözlenen farklılıkların çeşitlilik, genetik faktörler, çevresel etkenler, ekoloji ve hasat koşullarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Da-Costa- Rocha, 2014).



Şekil 4: Roselle kalikslerinde ve tohumlarında bulunan önemli fitokimyasallar (Sulieman, 2022)



Şekil 5: Ham Roselle tohumu yağının yağ asidi bileşimi (Sulieman, 2022)

3.1. Besin Değeri

Taze hibiskus besin bileşimi, farklı çeşitler, genetik, çevresel, ekoloji ve bitkinin hasat koşulları nedeniyle değişmektedir. Çalışmalarda hibiskus protein (1.9 g/100 g), yağ (0.1 g/100 g), karbonhidrat (12.3 g/100 g) ve lif (2.3 g/100 g) içerdiğini bildirmiştir. C vitamini (14 mg/100 g), β-karoten (300 µg/100 g), kalsiyum (1.72 mg/100 g) ve demir (57 mg/100 g) açısından zengindirler, Yapraklarda ki protein (3.3 g/100 g), yağ (0.3 g/100 g), karbonhidrat (9.2 g/100 g), mineraller (fosfor (214 mg/100 g), demir (4.8

mg/100 g), tiamin (0.45 mg/100 g), β -karoten (4135 μ g/100 g), riboflavin (0.45 mg/100 g) ve askorbik asit (54 mg/100g) içerir (İsmail vd., 2008).

3.2. Biyoaktif Bileşenler

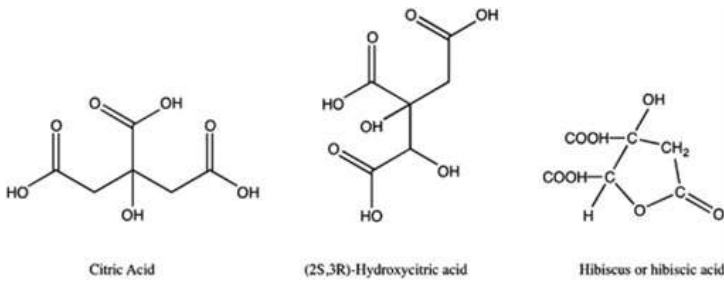
Hibiskusun farmakolojik bağlamda önemli olan temel bileşenleri organik asitler, antosiyaninler, polisakkaritler ve flavonoidlerdir.

3.3. Organik Asitler

Hibiskus özütleri, ana bileşikler olarak sitrik asit, hidroksisitrik asit, ebegümece asidi, malik ve tartarik asitler ve minör bileşikler olarak oksalik ve askorbik asit dahil olmak üzere yüksek oranda organik asit içerir. Ebegümece asidi %13-24, sitrik asit %12-20, malik asit %2-9, tartarik asit %8 ve askorbik asit (C vitamini) %0,02-0,05'tir (Rocha, 2014).

3.4. Hidroksisitrik Asit

Sitrik asidin ikinci karbonunda ek bir hidroksil grubu vardır. Bu asidin dört stereoizomeri vardır, (2 S, 3 S), (2 R, 3 R), (2 S, 3 R) ve (2 R, 3 S) ve bunların lakton formları. Hibiskusta bulunan başlıca organik asit (2 S, 3 R)-hidroksisitrik asittir. Hibiskus kalikslerinde bulunan başlıca organik asittir. Ebegümeceinden elde edilen (2 S, 3 R)-hidroksisitrik asidin, örneğin *Garcinia* sp.'den elde edilen daha yaygın olarak bilinen (2 S, 3 S)-hidroksisitrik asitten (HCA) farklıdır (Rocha, 2014).



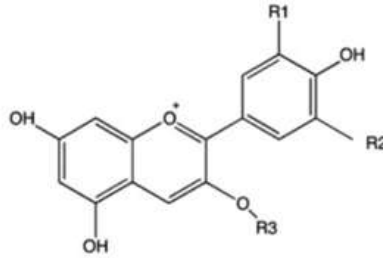
Şekil 6: Biyoaktif bileşenler (Rocha, 2014)

3.5. Ebegümece Asidi

Allo-hidroksisitrik asidin lakton formudur. İkinci karbondan ek bir hidroksil grubu bulunan bir sitrik asit kısmından oluşur ve molekülde iki kiral merkezin varlığı nedeniyle iki diastereomere sahiptir.

3.6. Antosiyaninler

Antosiyaninler, hibiskusun kurutulmuş çiçeklerinde bulunan bir grup flavonoid türevidir ve doğal pigmenttir ve renkleri pH'a göre değişir. Delphinidin ve siyanidin bazlı antosinler, delphinidin-3-sambubiosid (hibiscin), siyanidin-3-sambubiosid (gospikyanin), siyanidin-3,5-diglukozid, delphinidin (antosiyanidin) ve diğerlerini içerir. Hibiskus kaliksinden izole edilen ilk antosiyanin, daha sonra delphinidin-3-sambubiosid olarak adlandırılan ve siyanidin-3-glukozidin yapısına atanan "hivisin" veya "hibiscin"dir. Hibiskus pigmentlerinden üç farklı antosiyanin izole edildi: delphinidin-3-sambubiosid (hibiscin), delphinidin-3-glukozid ve siyanidin-3-glukozid (krizantenin)tir (Rocha, 2014).

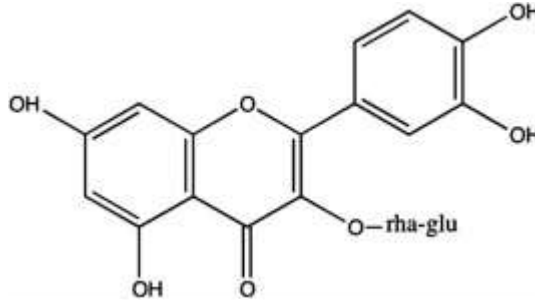


Cyanidin-3-sambubioside (R1= OH; R2= H; R3= Sambubioside)
 Delphinidin-3-sambubioside (R1= OH; R2= OH; R3= Sambubioside)
 Cyanidin-3-glucoside (R1= OH; R2= H; R3= Glucose)
 Delphinidin-3-glucoside (R1= OH; R2= OH; R3= Glucose)

Şekil 7: Antosiyaninlerin yapısı

3.7. Flavonoidler

Hibiskus flavanol ve flavanol tipi polifenollerini basit veya polimerize formda içerir. Hibiskus özütünde bulunan flavonoidler hibiscitrin (hibiscetin-3-glukozit), sabdaritrin, gossypitrin, gossytrin ve diğer gossypetin glikozitleri, kuersetin ve luteolin klorojenik asit, protokatekuik asit, pelargonidik asit, öjenol, kuersetin, luteolin ve steroller β -sitosterol ve ergosteroldur (Rocha, 2014).



Şekil 8: Flavonoidlerin yapısı

Hibiskus çok amaçlı kullanılan bir bitkidir. Kaliksleri ve yaprakları için yetiştirilen bu bitki özellikle son yıllarda gıda sanayinde bazı jöle benzeri maddeler ve turşu yapımında kullanıldığı için yüksek bir ihracat değerine sahiptir (Sankaralingam vd. 2023). Yapısında bulunan siyanidin, antosiyanidin grubundadır ve boyar madde özelliği taşımaktadır (Sunerli ve Aydın Çakır, 2019). Bundan dolayı gıda renklendiricisi olarak da değerlendirilmektedir (Yıldız, 2022). Ayrıca birçok gıda ürününde (reçel, içecek, jöleli şekerlemeler, dondurma, çikolatalar, lezzet verici ajanlar, süt ürünleri ve kekler gibi) renklendirici ve aroma verici olarak kullanılmaktadır (Eyiz ve Tontul, 2020).

Hibiskus bitkisinin farklı kısımlarından yüksek tansiyon, karaciğer hasarı, ateş düşürücü gibi çeşitli tedavilerde yararlanılmaktadır. Hibiskus'un kaliks ekstresi, kolesterol önleyici aktivite gösterirken tohum yağ ekstrelerinin anti mikrobiyal, antifungal özelliklerinin olduğu belirtilmektedir (Ali vd. 2005). Hibiskus çoğunlukla geleneksel halk tıbbında yaygın olarak kullanılmaktadır. Afrika' da hibiscus yaprakları antimikrobiyal, ateş düşürücü, idrar söktürücü ve öksürük yatıştırma ilacı olarak kullanılırken, Hindistan' da

ise yaprakları apseler üzerinde tampon olarak kullanılmaktadır (Singh vd. 2017).

4. *Hibiscus sabdariffa* L. BİTKİSİNİN TARIMI

Roselle bitkisi, gün uzunluğundaki değişimlere oldukça duyarlıdır. Bu fotoperiyodizm, yağış gereksinimleri yerine gün uzunluğuna göre dikim zamanının belirlenmesini gerektirir. Derin köklü bir bitki olduğu için tohum yatağının hazırlanmasında derin sürüm önerilir. Tohumlar yaklaşık olarak 600- 800 gr/da oranında ve yaklaşık olarak 2.5 cm derinliğe dikilir. Tohumlar genellikle yağışlı mevsimin başında ekilir, sıra üzeri 60 cm- 1 m ve sıra aralarında 45-60 cm mesafeyle dikilir. Azaltılmış dikim oranı daha büyük bir çanak oluşturur. Ekim el ile veya mibzer kullanılarak yapılır (Mohamed, 2012).



Şekil 9: Arazide hibiskus bitkisinin genel görünümü

4.1. İklim İsteği

H. sabdariffa bitkisi sıcak iklimleri tercih etmektedir. Genellikle tropikal bölgelerde yetişirken, minimum 10-12°C sıcaklık gerektirir. Bitkinin optimum büyüme sıcaklığı ise 25-35°C arasındadır. Aynı zamanda yüksek nem oranına da ihtiyaç duyar. Hibiskus bitkisi iyi bir ışık alan ortamlarda yetiştirilmelidir ve direkt güneş ışığından yararlanmalıdır. Bulunduğu

bölgenin iklim şartlarına uygun sulama ve nem düzenlemesi yapılmalıdır. Yetiştirme döneminde düzenli olarak sulanmalıdır (Taghvaei, 2022). Roselle, ilk üç ila dört ayda 130-250 m² arasında değişen aylık yağış gerektirir. Büyüme kuru hava ile iyi tolere edilir ve büyümenin son aylarında arzu edilir. Yağmur veya yüksek hasat ve kuruma sürelerindeki nem, kalislerin kalitesini düşürebilir ve verimi düşürebilir (Taghvaei, 2022).

4.2. Toprak İsteği

Asitli toprak tercihi: *H. sabdariffa* bitkisi asidik pH değerlerine sahip toprakları tercih eder. Toprağın pH değeri 5,5 ile 6,5 arasında olmalıdır.

İyi drene olan toprak: *H. sabdariffa* bitkisi kök çürümelerini önlemek için iyi drene edilen topraklarda yetişir. Aşırı sulama, su birikintisi ve toprakta suyun sürekli kalması köklerin çürümmesine neden olabilir.

Besin açısından zengin toprak: Hibiskus bitkisi besin açısından zengin topraklarda daha iyi büyür. Organik madde bakımından zengin, humuslu ve verimli topraklar idealdir. Toprağa organik gübreler eklemek bitkinin beslenmesini destekler.

Havalı toprak: Hibiskus bitkisi havalı toprakları tercih eder. Toprağın iyi havalandırılması ve hava geçirgenliğinin yüksek olması bitkinin kökleri için önemlidir (Duke, 2019).



Şekil 10: Gelişim döneminde hibiskus bitkisi

4.3. Hasat

Hasat için bitkinin çiçeklenme dönemi beklenir. Çiçeklerin solgunlaşması ve dökülmesiyle birlikte meyveler oluşur. Hasat, meyveler tamamen olgunlaştığında yapılabilir. Meyveler kırmızı renge dönüştüğünde hasat sürecine geçilebilir. Kalikslerin toplanması; Hibiskus çiçeklerinin kırmızı yaprakları olan kaliksler, hasat edilecek bölümdür. Kalikslerin kurutulması; güneş ışığına veya doğal bir havalandırma sağlayan bir yerde kurumasını beklenir. Kurutma süresi, hava koşullarına ve kalikslerin kalınlığına bağlı olarak farklılık göstermektedir (Mohamed, 2012).



Şekil 11: Kaliks oluşturan hibiskus bitkisi

4.4. *Hibiscus sabdariffa* L. Bitkisinin Ticari Önemi

H. sabdariffa ticari potansiyele sahip Malvaceae familyasına ait en önemli türlerden biridir. Afrikaya özgü bir bitki olup Amerika ve Güney Asya gibi birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir. *H. sabdariffa* ticareti üretim miktarı ülkeye ve yıla göre değişiklik gösterebilir. Ancak küresel ölçekte roselle üretimi genellikle yaklaşık 400-500 bin ton arasında değişmektedir. Dünya çapındaki üretim miktarları Şekil 12'de gösterilmiştir (Yeniçeri, 2023).



Şekil 12: *H. sabdariffa* bitkisi'nin Dünya'daki üretim miktarları (Yeniçeri, 2023).

5. SONUÇ

Malvaceae familyası farmasötik, gıda, süs bitkisi, tekstil gibi birçok alanda kullanılan bir familyadır. Tarımı dünyanın hemen hemen her yerinde yapılmaktadır. Ekonomik değeri yüksek olan bu familya içerisindeki en önemlilerinden biri de hibiskus cinsine ait *Hibiskus sabdariffa* bitkisidir.

Bu çalışmada Hibiskus bitkisinin genel özellikleri tarımı incelenmiş, yapılan kaynak taraması sonucunda bitkinin boya ve gıda sanayisindeki değeri bilimsel olarak kanıtlanmıştır ve bu da bitkinin ekonomik değerini göstermektedir. Hibiskus bitkisinin Türkiye'de tarımı ve kullanımı yaygın olmamakla birlikte, tarımsal olarak değerlendirilmemektedir. Bu çalışmanın amacı bitkiyi tanıtmak ve gelecekteki kullanımını yaygınlaştırmaktır. Bu bitkiden elde edilen doğal boyar madde gıda sanayisinde çok önemli bir yere sahiptir ve doğal kaynaklardan elde edilen çevre dostu renklendirme maddelerine olan talebin arttığı bu dönemde bitki üzerine yapılan bilimsel çalışmalar özellikle önem kazanmıştır. Bu denli önemli bir bitkinin Türkiye'de tarımının yapılması, ürün elde edilmesi ve son iklim krizinden dolayı bitkinin de kurak iklim bitkisi olması sebebiyle Türkiye'nin kurak ve sıcak bölgelerinde yetiştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdullah, N. A. J. İ., Berktaş, S., Mustafa, Ç. A. M. (2021). Hibiskus (*Hibiscus Sabdariffa* L.) ekstraktı tozu ile soğuk çay üretimi: antioksidan aktivite ve duyuşal özellikler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 831-836.
- Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L.–Fitokimyasal ve farmakolojik bir inceleme. *Gıda kimyası* , 165 , 424-443.
- Eggensperger, H. ve Wilker, M. (1996). Hibiscus-Extrakt: Ein hautverträglicher Wirkstoffkomplex aus AHA's und polysacchariden. Teil 1. Parfümerie und Kosmetik, 77(9), 522-523.
- Eggensperger, H., & Wilker, M. (1996). Hibiscus extract-a complex of active substances tolerated by the skin: Part 1. PARFUMERIE UND KOSMETIK, 77, 540-543.
- Gonzalez-Palomares, S., Estarrón-Espinosa, M., Gómez-Leyva, J. F., Andrade-González, I. (2009). Effect of the temperature on the spray drying of roselle extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Plant foods for human nutrition*, 64(1), 62-67.
- Guardiola, S. ve Mach, N. (2014). Therapeutic potential of sabdariffa : A review of the scientific evidence. *Medicina Intensiva*, 61(5), 274–295.
- Heywood, V. H., Brummitt, R. K., Culham, A., Seberg, O. (2007). Flowering plant families of the world. Firefly Books
- Ismail, A., Ikram, E. H. K., Nazri, H. S. M. (2008). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds nutritional composition protein quality and health benefits. *Food*, 2(1), 1-16.
- Izquierdo-Vega, J. A., Arteaga-Badillo, D. A., Sánchez-Gutiérrez, M., Morales-González, J. A., Vargas-Mendoza, N., Gómez-Aldapa, C. A., ... & Madrigal-Santillán, E. (2020). Organic acids from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)—A brief review of its pharmacological effects. *Biomedicines*, 8(5), 100.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F.; Donoghue, M.J. (2008). *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach* (3rd bas.). W. H. Freeman. ISBN 978-0878934072.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A.; Stevens, P.F.; Donoghue, M.J. (2008). *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach* (3rd bas.). W. H. Freeman. ISBN 978-0878934072.
- Kumar, S. S., Manoj, P., Giridhar, P. (2016). Micropropagation for mass multiplication and enriched production of ascorbic acid in tissue culture foliage of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 52, 427-436.

- Yazici, L., (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.), Journal of King Saud University – Science 35 (2023) 102419.
- Yazici, L., Erbay M.B., (2024). Çay Posası ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Kenevirin Verim Değerleri Üzerine Etkisi'. EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences 8(1): 126-133.
- Mohamed, BB, Süleyman, AA ve Dahab, AA (2012). Sudan'da Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), yetiştiriciliği ve kullanımları. Boğa. Çevre. Farmakol. Hayat Bilimi , 1 (6), 48-54.
- Özyalalın, S., Yaman, C. (2023). Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis*)'nın İn vitro Çoğaltımı Üzerin Temel Besin Ortamlarının ve Büyüme Düzenleyici Tiplerinin Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 26(3), 600-609.
- Pesen Özdoğan, F. (2011). Hibiscus sabdariffa'nın fitoterapi açısından değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakognozi Anabilim Dalı Fitoterapi Programı Yüksek Lisans Tezi.
- Royandazagh, S, D. (2019). Potential Of Flow Cytometry In Sex Determinationand In Vitro Micropropagation Of Laurus Nobilis L., Applied Ecology And Environmental Research, vol. 17, pp. 5953-5964
- Sankaralingam, B., Balan, L., Chandrasekaran, S., Muthu Selvam, A. (2023). Anthocyanin: A Natural Dye Extracted from Hibiscus sabdariffa (L.) for Textile and Dye Industries. Applied Biochemistry and Biotechnology, 195(4), 2648-2663.
- Singh, P., Khan, M., Hailemariam, H. (2017). Nutritional and health importance of Hibiscus Sabdariffa: a Review and İndication for Research Needs. Journal of Nutritional Health ve Food Engineering, 6(5), 125-128.
- Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017.
- Şen, C. (2011). *Hibiscus sabdariffa* L. bitkisinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinin araştırılması (Master's thesis, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Taghvaei, M., Nasrolahizadehi, A., & Mastinu, A. (2022). Effect of Light, Temperature, Salinity, and Halopriming on Seed Germination and Seedling Growth of Hibiscus sabdariffa under Salinity Stress. Agronomy, 12(10), 2491.
- Yaman, C. (2020). *Cannabis sativa* L.(Kenevir)'de İn Vitro Mikroçoğaltım. Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 3(2), 54-62.

Yeniçeri, Ş. A., Akkemik, E. (2023). Hibiskusun (*Hibiscus sabdariffa* L.) Genel Özellikleri ve Mühendislikte Kullanım Alanları. Mühendislikte Yenilikçi Çalışmalar, 569-582.

BÖLÜM 15

ALMANYA İLE TÜRKİYE ARASINDA TARIMSAL PAZAR ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi | Tuba ALBAYRAK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13286014>

¹Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, e-mail: tuba.albayrak@yobu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3745-8352

GİRİŞ

Almanya ile Türkiye arasındaki tarımsal pazar analizi, her iki ülkenin tarım sektörlerinin dinamiklerini, ticaret ilişkilerini ve bu ilişkilerin ekonomik etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Almanya, Avrupa'nın en büyük ekonomilerinden biri olup, ileri teknoloji ve yüksek verimlilikle karakterize edilen modern bir tarım sektörüne sahiptir. Türkiye ise, geniş tarım arazileri ve çeşitli iklim koşulları ve verimli tarım arazileri sayesinde zengin bir tarımsal üretim potansiyeline sahip olup, özellikle yaş meyve- sebze ve tahıl üretiminde önemli bir yere sahiptir. Almanya, Avrupa Birliği'nin en büyük tarım üreticilerinden biridir ve tarım sektörü, ülkenin GSYİH' sine önemli bir katkı sağlamaktadır. Almanya'nın tarımsal üretimi, büyük ölçüde buğday, arpa, mısır ve şeker pancarı gibi tahıl ürünlerine dayanırken, hayvancılık sektörü de oldukça gelişmiştir. İleri teknoloji kullanımı, organik tarım uygulamaları ve sürdürülebilir tarım politikaları, Almanya'nın tarım sektörünü şekillendiren başlıca unsurlar arasındadır. Ayrıca, Almanya, tarımsal ürünlerde kalite standartları ve sertifikasyon konusunda oldukça katı düzenlemelere sahiptir. Tarım sektörü Türkiye' de stratejik bir öneme sahiptir ve toplam işgücünün önemli bir kısmı bu sektörde istihdam edilmektedir. Uygun klima kuşağına sahip olması, zengin biyo çeşitliliği ve verimli toprakları sayesinde geniş bir ürün yelpazesi üretmektedir. Buğday, arpa, pamuk, fındık, tütün, meyve ve sebze üretimi tarımsal üretiminde öne çıkan başlıca ürünlerdir. Türkiye'nin tarımsal ihracatı, özellikle AB ülkelerine yönelik olup, burada Almanya önemli bir ticaret ortağıdır. Türk tarımı, küçük aile işletmelerinin yanı sıra büyük ölçekli tarım işletmeleriyle de karakterizedir ve modern tarım teknikleri ile geleneksel yöntemler bir arada kullanılmaktadır.

Tarım, insanlığın temel ihtiyacı olan gıdayı üretir. Çiftçiler önceleri sadece kendi tüketimi kadar üretmişler ancak şeffikler ve devletler ortaya çıktıktan sonra tüketeceğinden daha fazla üretim yapmaya başlamışlardır. Ürettiği fazla ürünleri de önce değiş tokuş ile aynı yerde bulunan insanlarla yaptı. Daha sonrasında ise teknolojik ilerleme ile bu üretim daha da büyüdü ve bunun sonucunda pazarlanabilir hale geldi. Günümüzde ise artık tüketiciler sadece tarımsal ürünlerin üretildiği kırsal bölgelerle sınırlı değillerdir. Kırsal

alanda üretilen ürünlerin diğer alanlarda bulunan tüketiciye ulaşması için de tarımsal pazarlama ortaya çıkmıştır.

Tarımsal pazarlama hem üretimi teşvik eder hem de ekonomik kalkınmanın hızlandırılmasında önemli bir rol oynar. Verimli bir pazarlama sistemi, çiftçiler için daha yüksek gelir seviyeleri sağlar. Verimli bir sistem diğer yandan ise çiftçinin ürünlerini daha iyi fiyatlandırmasını, üretimin artabilmesi için teknolojinin daha çok kullanılmasını sağlar. Bu sayede de çiftçilerin gelirinde bir artışa neden olurken ülke ekonomisine de pozitif bir katkı sağlar. Pazarların genişletilmesi de talebin artmasını ve üreticiye daha yüksek bir gelir garanti eder. Ayrıca tarıma dayalı sanayilerin büyümelerini de etkiler. Tarımsal pazarlama çiftçilerin tarımsal ürünleri üretmenin yanında fiyatlandırmasını, satışını da kapsayarak ekonomik, idari ve teknik sorunları da bilmesini gerektirmektedir.

1. ALMANYA FEDERAL CUMHURİYETİ VE TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN GENEL DURUMU

Almanya Federal Cumhuriyeti, Türkiye'nin dış ticaretinde önemli bir konumda bulunurken, dünya ekonomisinin en gelişmiş ülkeleri arasında Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'nın ardından gelmektedir. 84,1 milyonluk nüfusuyla Almanya, Avrupa Birliği'nin en büyük ve kritik pazarlarından biridir. Ülkenin ekonomisinin ana itici güçleri imalat sanayii ve hizmet sektörüdür. Sanayi makineleri, otomotiv ve kimya endüstrisi, imalat sektörünün önde gelen bileşenleridir. Ayrıca, son dönemde telekomünikasyon sektörü de Almanya'da önemli bir ivme kazanmıştır. Almanya, iş yapma kolaylığı, ekonomik serbestlik ve insani gelişmişlik endeksleri açısından dünyada önemli bir konumdadır. Ukrayna-Rusya savaşına rağmen, Almanya 2022'nin ilk altı ayında ihracatını artırmayı başarmıştır. İhracat, geçen yılın aynı dönemine kıyasla %13 artarak 754,2 milyar avroya ulaşmıştır.

2002 yılında Almanya'nın önde gelen ihracat ürünleri arasında otomobiller, tıbbi veya koruyucu ilaçlar, karayolu taşıtları için parçalar, kan, serum, aşılarda, toksinler, helikopterler, uçaklar, uzay araçları, tıbbi ve cerrahi aletler, otomotiv bilgi işlem makineleri, manyetik veya optik okuyucular bulunmaktadır. Almanya'nın 2022 yılındaki ihracattaki ana alıcıları arasında Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Fransa, Hollanda ve Polonya yer almaktadır. 2021 yılına göre, Almanya'nın en büyük ithalat ortakları Çin,

Hollanda, ABD, Polonya ve İtalya'dır. Türkiye ise 2021 yılında Almanya'nın ithalatında %1,5'lik payla 17. sırada yer almıştır.

2015-2020 yılları arasında Türkiye'nin ithalatında en büyük paya sahip olan ülkeler Çin ve Rusya Federasyonu'dur. Çin, 2015, 2016 ve 2017 yıllarında Türkiye'nin ithalatında birinci sırayı almıştır. Bu yıllarda ithalattaki oranları sırasıyla %11,8, %12,3 ve %10 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, 2018 yılında Çin, Türkiye'nin toplam ithalatında %9,3'lük bir payla üçüncü sırada yer almıştır. Benzer şekilde, 2019 yılında da Çin, Türkiye'nin toplam ithalatında %9,1'lik payla üçüncü sırada yer almıştır.

İthalat içerisindeki en yüksek paya sahip ülkelerden bir diğeri de Rusya Federasyonu'dur. Özellikle 2008 küresel krizden sonra artmaya başlamıştır. Yıllara bakıldığında 2011, 2013, 2018 ve 2019, 2020 yıllarında birinci sırada yer almıştır. Rusya Federasyonu'nun toplam ithalat içerisindeki paylarına bakıldığında ise 2011'de %9,94, 2013'te %9,98, 2015'te %9,7, 2016'da %7,6, 2017'de %8,4, 2018'de %9,8 ve 2019 yılında da %11'lik paya sahip olmuştur.

Türkiye'nin toplam ithalat içerisindeki en büyük paya sahip olan diğer ülkelere bakıldığında; Almanya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletlerini görürüz. Bu ülkelerin ithalat üzerindeki paylarına baktığımızda ise yıllar içerisinde ithalat içindeki paylarını yaklaşık olarak korudukları görülmektedir. Almanya'nın %9,5-10, Amerika Birleşik Devletleri'nin %5,5, İtalya'nın payı ise %5 seviyesindedir. Türkiye'nin ithalat ve ihracat yaptığı ülkeler arasında Almanya, İngiltere, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin hem ithalat hem de ihracatta uzun yıllardır değişmeyen ülkeler olduğunu görmekteyiz. Çin ve Rusya Federasyonu ise 2010 yılından sonra Türkiye'nin ithalattaki en büyük payı alan ülkeler olduğunu görmekteyiz. Rusya Federasyonu ile 2000 yılında başlayan dış ticaret hacim artışı 2008 yılında tepe noktasına çıkmıştır. 2008 yılında meydana gelen küresel kriz neticesinde ihracatta önemli düşüşler görülmüştür. Bu düşüşler meyve sebze ve motorlu kara taşıtları ihracatı, makine ihracatı, elektrikli makine ve cihaz ihracatı ve örme giyim ihracatında önemli düşüşler yaşanmıştır. 2014 yılına bakıldığında Rusya'nın ihracat içindeki payı %14,7 azalarak toplam ihracat içindeki payı ise %3,8 lere kadar düşmüştür. 2017 yılında ise Rusya Federasyonu ile ticari ilişkiler normale dönmüş ve Türkiye'nin dış ticaret içerisindeki payı %5,7'ye çıkmıştır. Daha sonrasında 2018 yılında %6,5 e çıkmıştır. Rusya açısından değerlendirildiğinde ise Türkiye 2018 yılında Rusya'nın en çok ihracat yaptığı

ülkeler arasında 5. sırada yer almıştır. 2018 yılındaki Türkiye'nin payı ise Rusya Federasyonu'nun toplam ihracat payı %4,8'dir. Rusya Federasyonu'nun ithalatına bakıldığında ise 2017 yılından itibaren Türkiye'nin payının arttığını görürüz. 2017 yılında Rusya Federasyonunun toplam ithalatında Türkiye on altıncı sırada yer alırken 2018 yılına gelindiğinde ise on ikinci sıraya yükselmiştir. Rusya Federasyonu'nun ithalatında Türkiye'nin bu kadar çok önemli olmasının sebebi, enerji konusunda dışa bağımlı olan Türkiye'nin petrol, doğalgaz, petrol yağları, petrol gazları ve diğer gazlı hidro karbonların büyük bir kısmının Rusya Federasyonundan ithal ediyor olmasıdır.

Çin'in Türkiye ile olan dış ticaretinde, Türkiye dış ticaret açığı vermektedir. 2011 yılından itibaren Çin toplam ithalat içerisinde ilk beş ülke arasında bulunduğu görülmektedir. Özellikle 2015, 2016, 2017 yıllarında birinci sırada yer almış ve Türkiye'nin toplam ithalatının %10'luk kısmına sahip olmuştur. Ancak Çin'in Türkiye'nin toplam ihracatı içerisindeki payı %1,87'dir. Türkiye ile Çin arasındaki dış ticarete Türkiye'nin çok büyük bir dış ticaret açığı vermektedir. Söz konusu dış ticaret açığının nedenlerine bakıldığında Çin'e yapılan ihracatta mermer, traverteneler, krom, borat ve diğer maden ürünlerine karşı Çin'in talebindeki düşüştür. Türkiye'nin ithalatında Çin'in bu kadar yüksek olmasının nedeni ise ihracatta ithal ara mala bağımlı olan Türkiye'nin ihracatından en yüksek paya sahip olan ve değişik sanayi kollarında kullanılan makine ve cihazlar, çeşitli mamul eşyalar ile büro makineleri ve bilgi işlem makinelerinin büyük bir kısmının fiyatlarının düşük olmasından dolayı bu ülkeden ithal ediliyor olmasıdır.

Türkiye'nin 2021 yılı aralık ayında ihracat yapılan ülkeler arasında birinci sırayı Almanya almıştır. İkinci sırada ise Amerika Birleşik Devletleri, üçüncü sırada İngiltere, dördüncü sırada Irak ve beşinci sırada ise İtalya yer aldı. İhracat yapılan bu ilk beş ülke Türkiye'nin toplam ihracatının %32'sini oluşturdu 2021 yılının geneline bakıldığında ise Türkiye'nin ihracat yapılan ülkeler arasında ilk sırayı yine Almanya aldı. İkinci ve üçüncü sıralarda Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere yerini korudu. Ancak dördüncü sırayı İtalya aldı ve beşinci sırayı ise Irak aldı. İhracat yapılan bu ilk beş ülke Türkiye'nin toplam ihracatının %31'ini oluşturdu. Türkiye'nin 2021 yılı Aralık ayı ithalatına baktığımızda birinci sırayı Rusya aldı. İkinci sırayı Çin, üçüncü sırayı Almanya, dördüncü sırayı Amerika Birleşik Devletleri ve

beşinci sırayı ise İtalya aldı. İthalat yapılan bu ilk beş ülke Türkiye'nin toplam ithalatının %38'ini oluşturdu. Türkiye'nin 2021 yılının tamamında gerçekleştirilen ithalatta ise ilk sırayı Çin aldı. Rusya ikinci sırada, Almanya üçüncü sırada, Amerika Birleşik Devletleri dördüncü sırada ve İtalya ise beşinci sırada yer aldı. Böylece ithalat yapılan ilk beş ülke, Türkiye'nin toplam ithalatının %39'unu oluşturmuştur.

2.1. Almanya'nın Tarımsal Durumu

İkinci Dünya Savaşı 1945 yılında sona erdiğinde Almanya dört işgal bölgesine bölünmüştü. 1949 yılında ise doğu ve batı olmak üzere iki ayrı ülke kuruldu ve bunun sonucunda iki ayrı tarım sistemi ortaya çıktı. Doğu Almanya'da kollektif ve devlet çiftlikleri kuruldu ancak Batı Almanya'da ise aile çiftlikleri devam etti. 1989 yılına gelindiğinde Doğu Almanya'nın siyasi rejimi çökmesi sonucunda Batı Almanya ile yeniden birleşme sonucunda sosyalist merkezi planlama sisteminin yerini piyasa ekonomisi ve çoğulcu demokratik sistem aldı. 1989 yılında yapılan bu değişiklik sadece yönetim olarak değil tarımsal üretim üzerinde de etkili oldu. Çünkü tarımsal üretimin de yeniden düzenlenmesi gerekiyordu. Bu birleşmenin üzerinden yıllar geçmesine rağmen tarımsal üretim hala büyük ölçüde Almanya'nın bu doğu batı bölgelerinde farklı şekilde organize edildi. Batı Almanya'da hala küçük ölçekli aile çiftlikleri varken Doğu Almanya'da ise kurumsal ve büyük ölçekli özel çiftlikler bulunmaktadır (Kirschke, Hager, Schmid, 2021).

2023 yılına bakıldığında Almanya'da ülke yüzölçümünün yaklaşık olarak yarısı tarım amaçlı olarak kullanılmakta ve yaklaşık bir milyon kişi de yılda elli milyar avroyu aşan mal üretmektedir. 1945 ile günümüzü kıyaslarsak; ikinci dünya savaşından sonra Almanya'da bir çiftçi on kişiyi besliyordu ancak günümüzde bilim ve teknoloji sayesinde bir çiftçi 142 kişiyi besliyor. Dünya sıralamasında Almanya dünyanın en büyük üçüncü tarım ürünleri ihracatçısı durumdadır. Almanya ürettiği toplam tarım ürünlerinin yaklaşık olarak üçte birini ihraç etmektedir. Almanya'nın kullandığı tarım arazilerinin üçte birinde tahıl üretimi yapılmakta; en çok ekilen tahıl buğday olup ikinci sırada arpa ve üçüncü sırada çavdar gelmektedir. Almanya geniş çayırılara, verimli ovalara ve ormanlara sahip olmasının sonucunda GSYİH'inde tarım, orman ve hayvancılık ürünlerinin payı %0,9'dur. Tarımsal arazileri yaklaşık 17 milyon hektar, ülkenin ormanlık arazisi ise 11 milyon

hektardır. Tarımsal arazilerin 12,1 milyon hektarlık bölümünü ekilebilir araziler ve sürekli bitkiler 4,7 milyon hektarlık bölümünü de sürekli çayır ve otlaklar oluşturmaktadır. Tarım, ormancılık ve hayvancılık GSYİH'nin %0,9'unu oluşturmasına rağmen, sektör ülkenin sosyal dokusu bakımından belirgin bir öneme sahiptir. Almanya'nın gıda bakımından kendine yeterlilik oranı %70'ler düzeyindedir.

2.2. Türkiye ve Almanya Arasındaki Dış Ticaret

Almanya, geçtiğimiz yüzyılda Türk dış ticaretinde çok önemli bir rol oynamıştır. 2018 yılında Almanya-Türkiye ticaret hacmi 42,1 milyar ABD doları olarak kaydedilmiştir. Bunun 22,7 milyar doları Almanya'nın Türkiye'ye ihracatı, 19,4 milyar doları ise Türkiye'nin Almanya'ya ihracatı olmuştur.

Şekil 1: 2019 yılında Türkiye- Almanya arasındaki dış ticarete konu olan ürünler



Kaynak: World Bank (Dünya Bankası)

Bu ticaret hacimleri sonucunda 2018 yılında Türkiye 216 ülke arasında Almanya'nın en büyük 17. ihracat ve 19. ithalat noktası olurken, Almanya 205 ülke arasında sırasıyla Türkiye'nin bir numaralı ihracat ve iki numaralı ithalat noktası olmuştur. Türkiye, Almanya ithalatının % 1,4'üne katkıda bulunmuş ve Almanya ihracatının yalnızca % 1,5'inin hedefi olmuştur. 23 Ticaretin sektörel çeşitlendirilmesine bakıldığında, Türkiye'nin Almanya'ya ithalatı ve ihracatı benzerlikler göstermektedir. Almanya'nın Türkiye'ye ihraç

ettiği ilk üç ürün, 2 milyar doların üzerinde otomobiller, 1.49 milyar dolarlık araç parçaları ve 664 milyon dolar ile altın olmuştur. Türkiye, değeri 1 bir milyar doları aşan otomobil ihracatı yaparken, araç parçaları 993 milyon dolar, Motor parçaları yaklaşık bir milyar ABD doları değerindedir.

2.3. Türkiye'nin Tarımsal Durumu

Eski tabirle “Bereketli Hilal” üzerinde bulunan Türkiye eskiden beri önemli bir tarım ülkesi olmuştur. Dünyada bulunan tarım topraklarının %0,8’i Türkiye’de bulunmaktadır. Bu %0,8’lik tarım arazisi olmasına karşın dünya tarım ürünlerinin yaklaşık %1,3’ünü üretmektedir. Bu fazlalık, Türkiye’nin gelişen teknolojiye ayak uydurması başlıca sebeplerdendir. Türkiye de teknolojiyi daha fazla kullanarak tarımsal üretimlerini her geçen yıla oranla daha da artırmaktadır. Küresel tarımsal ihracatın %1,57’sini ve ithalatının ise %1,14’ünü Türkiye gerçekleştirmektedir.

Çizelge 1: Türkiye'nin 2023 Yılında En Çok İhracatını Yaptığı Organik Ürünler

ÜRÜN ADI	MİKTARI (KG)	DEĞERİ (\$)
İncir ve İncir Ürünleri	6.928.940	38.612.314,40
Kayısı ve Kayısı Ürünleri	2.318.212	15.852.453,00
Fındık ve Fındık Ürünleri	2.952.568	21.013.298,20
Üzüm ve Üzüm Ürünleri	6.580.959	21.125.088,70
Buğday ve Buğday Ürünleri	21.662.500	13.267.973,80
Baklagiller	1.043.169	1.566.713,60
Meyve Suyu	8.625.198	20.691.476,00
Sebze ve Sebze Ürünleri	831.280	2.047.986,80
Meyve ve Meyve Ürünleri	6.017.380	22.581.292,85
Zeytin ve Zeytin Ürünleri	370.019	1.914.688,90
İtri-Tıbbi Baharat Bitkileri	660.175	2.427.645,00
Tahıl ve Tahıl Ürünleri	110.571	491.891,80
Hayvansal Ürünler	1.034.138	2.238.401,89
Yağ Bitkileri Ve Ürünleri	48.127	167.518,17
Diğer	2.762	23.398,24
GENEL TOPLAM	59.185.999	164.022.141,35

Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024

Türkiye dünyada önemli tarım ülkeleri arasında yer almaktadır. Bunun başlıca sebepleri arasında biyolojik çeşitlilik, iklim, coğrafi koşullar ve en önemlisi tarıma dayalı sanayinin gelişmiş olmasıdır. Yaklaşık olarak dünyada üretilen 55 ürünün üretiminde ise ilk on sırada yer almaktadır. Özellikle tarım

sigorta sistemlerinin yaygınlaştırılması ve yeni nesil teknoloji üretimi olumlu yönde etkilemektedir. Coğrafi olarak baktığımızda Avrupa'nın hemen yanında bulunan ve Batı Asya ülkeleriyle de komşu olarak büyük ticari imkanlara sahip bir ülke konumunda bulunmaktadır. Türk tarımı son yıllardaki değişimin sonucunda en büyük onuncu tarım ekonomisi konumunda yer almaktadır. 2000-2020 yılları arasında tarım sektöründe yaklaşık olarak elli milyar dolarlık bir üretim kapasitesinin olduğu ve sürekli arttığı görülmektedir. 2000'de 24 milyar dolarlık üretim hacmi 2020 yılında 47 milyar dolara ulaşmıştır. Uluslararası kuruluşların tahminlerine göre Türkiye'nin tarımsal üretim değeri 2030 yılında 113 milyar dolar ve 2050 yılında ise 273 milyar dolara çıkması bekleniyor. Bu beklenti ise Türkiye'nin tarımsal üretim potansiyelini yansıtmaktadır.

Kişi başına ortalama üretim değerlerine bakıldığında 2000 yılına 3285 dolar iken 2020 yılında bu değer 9281 dolara yükselmiştir. Uluslararası kuruluşlar tarafından 2030 yılı kişi başına ortalama üretim değeri yaklaşık 20 bin dolar olarak beklenirken 2050 yılında ise 37 bin dolarlar seviyesinde olması beklenmektedir. 2020 yılı için bakıldığında Türk tarımının üretimi küresel gıda ekonomisinde önemli bir yere eriştiği görülmektedir. Özellikle 2000 yılından itibaren sebze, meyve, tahıl ve hayvansal üretimin üç kattan fazla arttığı görülmektedir. Süt üretimi bakımından 2000 yılında yaklaşık 8 milyon tondan bugün 23 milyon tona ulaştığı; et üretimi ise 400 bin tondan 1.2 milyon tona ulaştığı; tohum üretimi bakımından 140 bin tondan 1.2 milyon tona ulaştığı; yem bitkisi üretimi bakımından 750 bin tondan 2,5 milyon tona ulaştığı; meyve üretimi bakımından 14 milyon tondan 24 milyon tona ulaştığı; sebze üretimi bakımından 25 milyon tondan 32 milyon tona ulaştığı; tahıl üretimi bakımından 30 milyon tondan 37 milyon tona ulaştığı görülmektedir. Bu tarihler arasında Türkiye'nin nüfus artış oranı %28 iken tarımsal üretim miktarı nüfusa göre daha çok yükseliş göstermiştir. Ancak tarımda istihdam edilen nüfus da bu yıllar arasında sanayileşme ve kentleşme sebepleriyle azalmıştır. Kentlerde iş olanaklarının artması, eğitim ve sağlık gibi nedenlerle kırsal nüfus azalmıştır. 2000 yılından 7,5 milyon olan istihdam 2020 yılında yaklaşık 5 milyona gerilemiş ancak üretim artmıştır. Bunun başlıca sebebi verimin artması ve teknolojiye verilen önemdir.

2.4. Tarımsal Pazara Yönelik Politikalar

2.4.1. Federal Almanya'nın Tarımsal Pazarlama Politikaları

Federal Almanya'nın tarım sektörü ülkenin GSYİH' sinin sadece %0,9'luk kısmını oluşturmaya rağmen özellikle covid19 küresel salgınından sonra gıda güvenliği kapsamında tarım sektörü çok önemli bir duruma gelmiştir. Federal Almanya'da yaklaşık 260 bin tarım işletmesi bulunmakta ve bu tarım işletmeleri ülke topraklarının yaklaşık yarısını tarım arazisi olarak kullanmaktadır. Federal Almanya'nın tarım politikasına bakıldığında esas itibarıyla Avrupa Birliği'nin Ortak Tarım Politikası'na göre belirlenmektedir. Ortak Tarım Politikasının temel ilkeleri tarım ürünlerinin Avrupa Birliği içerisinde serbest dolaşımının sağlanması ve iç piyasanın da dünya fiyatlarındaki dalgalanmalardan korunarak istikrarın sağlanmasıdır. Federal Almanya endüstri ülkesi olmasının yanında çok güçlü bir tarım ülkesidir. Dünyadaki en büyük 9. ve Avrupa Birliği'nin de en büyük ikinci büyük tarım üreticisi konumundadır. Ayrıca tarım ihracatı bakımından ise dünyada Amerika Birleşik Devletleri ve Hollanda'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Federal Almanya'da üretilen tarım ürünlerinin yaklaşık olarak üçte biri ihraç edilmektedir. Daha çok hayvansal ürünler, tahıllar, patates, şeker pancarı, yağlı tohumlar, meyve ve sebze yetiştirilmektedir. Buğday yetiştiriciliği ise tarım arazilerinin yaklaşık olarak dörtte birini yani tüm tarım arazilerinin ise %12,5'ine karşılık gelmektedir. Avrupa Birliği'nin en büyük tarım arazilerine sahip olan ülkedir. Ancak tarım sektöründe çalışan kişi sayısı Türkiye gibi her sene daha da azalmaktadır. Federal Almanya İstatistik Kurumu, Şubat 2020 döneminde ayrıntılı bir rapor hazırlayarak tarımsal sektörde 938 bin kişinin çalıştığını yayımlamıştır. 2010 yılında ise tarımsal sektörde çalışan kişi sayısı 2020 yılındaki çalışan kişi sayısından yaklaşık olarak %15 daha fazladır. Yine Federal Almanya İstatistik Kurumu'nun verilerine göre tarım ürünleri ihracatı Almanya'nın toplam ihracatının (2020-1.460 milyar avro) yaklaşık %0,9'unu oluşturmaktadır. Yine toplam ithalatın (2020-1.266,7 milyar avro) %3,3'ü ise tarım ürünlerinden oluşmaktadır. Federal Almanya tarım ürünlerinin ithalatını ise çoğunlukla Avrupa Birliği üyesi olan ülkelerden gerçekleştirmektedir (Cengiz, 2010).

Ticaret fuarları Federal Almanya'da önemli bir yere sahiptir. Çünkü uluslararası ticaret fuarları yeni ticari işbirliklerinin kurulmasını ve ihracat ve

ithalata yönelik firmalar ile iletişime geçilmesini sağlamaktadır. Söz konusu fuarların en önemlileri arasında tarım ürünleri ve tarım makineleri sektörlerinde dünyanın en büyük fuarı olan “Agritechnica”, meyve ve sebze sektörü ile kurutulmuş meyve, işlenmiş tarım ürünleri fuarı olan “Fruit Logistica”, şeker ve şekerli ürünler ile tatlılar ve atıştırmalıklar fuarı olan “Prosweets Cologne”, gıda, organik gıda ve tarımsal ürünler konusundaki fuar olan “Biofach” bulunmaktadır. Ülke pazarına girişte her iki yılda bir düzenlenen “Agritechnica- Uluslararası Tarım Makineleri ve Teknolojiler Fuarı” önemli bir yer tutmaktadır. Fuarda, tarım makinelerinden traktör, biçer döver gibi motorlu tarım araçları, toprak hazırlama, işleme, ekim, tohumlama, gübreleme, sulama, ilaçlama, hasat ve balyalama makineleri gibi sektörün ihtiyacı olan mühendislik ürünleri sergilenmektedir. Söz konusu fuara dünya çapında 2500 civarında şirket katılmakta, 450 bin civarında uzman kişi tarafından ziyaret edilmektedir. Diğer yandan “Eurotier Uluslararası Hayvancılık Fuarı” da çok büyük bir etkinlik kapsamında yer almaktadır. Bu fuarda ise süt sağma makinesi başta olmak üzere yem hazırlamaya ve kümes hayvancılığına ilişkin makineler ve ekipmanlar yer almaktadır. Fuarla yaklaşık 1500 şirket katılmaktadır (Tuncer, 2012).

Organik tarıma bakıldığında ise Federal Almanya’nın tarım faaliyetleri arasındaki payı giderek artmaktadır. Çünkü organik tarım kaynakların ve çevrenin korunması noktasında önemli bir ekosistem haline gelmiştir. Federal Almanya organik tarım alanlarının artırılması konusunda adımlar atarak organik tarım alanlarının toplam tarım alanları içindeki payın %30’ a artırılması planlanmaktadır. Federal Almanya Gıda ve Tarım Bakanlığı 2022 raporuna göre organik tarım sektörü yaklaşık 15 milyar avro ciro ile Avrupa Birliği’nin en büyük pazarı konumundadır. Federal Almanya’da tarım arazilerinin büyüklüğü tarım makineleri sektörüne ilgiliyi artırmaktadır. Çünkü daha büyük ebat ve hacimlerde üretilen güçlü tarım makineleri ve ekipmanlar işletmelere ekim, dikim, sulama, ilaçlama ve hasat toplama gibi yapılan işlemlerde enerji, yakıt ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Federal Almanya’nın 2021 yılında kayıtlı traktörlerin %18’i John Deere markası ile listenin ilk sırasında bulunmaktadır. İkinci sırada ise %17 ile Fendt markası ve üçüncü sırada ise Deutz-Fahr gelmektedir. Bunlardan başka Kubota, Case, New Holland, Mercees Kukie, Foton gibi markalar da bulunmaktadır. 2021 verilerine bakıldığında Almanya’da üretilen traktörlerin cirosu da önceki yıla

göre %11 artmıştır. Bu sektördeki tarım makineleri sadece Almanya'da üretilmeyip ithalat yoluyla başta Çin ve Kore olmak üzere birçok ülkeden gelmektedir. Satış sonrası hizmet, bakım, onarım gibi işler ile ilgili hemen hemen Almanya'nın her bölgesinde hizmet veren firmalar da bulunmaktadır. Ayrıca ikinci el tarım aletleri de önemli derecede rol oynamaktadır. Tarım makinelerinin ve ekipmanların kiralanması da fazladır. Kiralama için kooperatifler ve çiftçi derneklerin uygulamaları mevcuttur. Bu sayede çiftçiler zaman ve maliyet tasarrufunda bulunarak kendi arazilerini etkin bir şekilde işleyebilmektedir. Avrupa Birliği harici ülkelerden gelen tarım makinelerinin Almanya'ya ihracatında Avrupa Birliği normlarını sağlamış olması, yapılan ihracatta ürünün satış ve satış sonrası kullanım süreçleri de büyük önem arz etmektedir. Bazı ürünler için Almanya Avrupa Birliği normları haricinde kendi şartlarının da kabul edilmesi koşulunu aramaktadır. Bu bakımdan kendi şartlarının belirlenmesinde Almanya Makine Üreticileri Derneği önemli bir rol oynamaktadır. Almanya Makine Üreticileri Derneği uluslararası alanda ve ülkede makinelere yönelik olarak sertifika, belge ve yetkilendirme süreçlerinde büyük rolü bulunmaktadır. Tarım makinelerinin ve ekipmanların Almanya'ya ihracatlarında gümrük vergisi ve alım-satımlarda %19 oranında katma değer vergisi uygulanmaktadır. Hayvancılık ve hayvan ürünlerinin ticareti de önemli bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Federal Almanya'da hayvancılık sektöründe 12 milyon büyük baş hayvanın %34'ü süt üretimi için tahsis edilmiştir. Tavuk yetiştiriciliği ve yumurta da önemli bir yere sahiptir. Yaklaşık 1,4 milyar yumurta organik olarak üretilmektedir. 2019 yılı verilerine göre Almanya hayvan ürünü ihracatı bakımından dünya ülkeleri arasında üçüncü sırada bulunmaktadır. İhracat yaptığı ülkeler ise Hollanda, İtalya, Avusturya ve Danimarka gibi Avrupa Birliği ülkeler olduğu görülmektedir. Almanya'nın ithalatında ise dünya ülkeleri arasında en büyük üçüncü ithalatçı konumunda olduğu görülmektedir. Yine en çok ithalat gerçekleştirilen ülkeler arasında Hollanda, Danimarka başta olmak üzere Polonya ve Fransa olduğu görülmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı Uluslararası Anlaşmalar ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü, 2022).

2.4.2. Türkiye'nin Tarımsal Pazarlama Politikaları

Türkiye'de tarımsal destekleme politikaları; destekleme alımları, girdi destekleri, süt teşvik prim ödemeleri, düşük faizli tarımsal kredi, doğal afet ödemeleri, tarımsal alt yapı yatırımları, araştırma, eğitim ve yayım, yatırım teşvikleri, dış ticaret teşvik gibi araçlar kullanılarak yürütülmektedir. Tarımsal destekleme politikaları üreticiden tüketiciye kadar büyük bir kesimi etkilediğinden çeşitli araçların kullanımını da beraberine getirmektedir. Tarımsal destekleri belirlemek üzere Tarımsal Destekleme ve Yönlendirme Kurulu kurulmuştur.

Türkiye'de tarımsal destekleme politikaları, ekonomik ve sosyal etkinlik ve verimlilik koşullarını sağlayacak programlarla uygulanır. Doğrudan gelir desteği, üretim yapan çiftçiye aracısız destekleme türüdür. Bu ödeme Çiftçi Kayıt Sistemi üzerinden arazi baz alınarak ödenmektedir. Böylece kayıtlı çiftçiler korunmaktadır. Bu sistemde üreticilere tarımsal üretim için işledikleri araziler için doğrudan ödeme yapılır. Ödemeler üreticilerin tarım politika amaçları ve çevreye uyumunu kolaylaştırmak üzere farklı miktarlarda olabilir. Doğrudan gelir desteği ödemeleri her yıl oluşturulan kurul önerisi ile Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çıkarılacak uygulama tebliğleri ile belirlenir. Söz konusu uygulama tebliğleri yılın ilk iki ayı içerisinde yayımlanır. Tarım ve Orman Bakanlığı gerektiğinde ek tebliğler de çıkarmaya yetkilidir.

Fark ödemesi desteği çiftçilere üretim maliyetleri ile iç-dış fiyatlar dikkate alınarak verilir. Bu destek ilkin arz açığı olan ürünlere verilir. Fark ödemesi yapılacak ürünler ve ödeme miktarları yine oluşturulan kurul tarafından belirlenir. Fark ödemesi desteğinden yararlanabilecek olan çiftçilerden üretim ve ürünlerin satışlarına ait belgeler istenebilir. Tarım ekonomisi ve tarımsal politikalar telafi edici ödemeleri de üreticilerin arz fazlası olan ürünlerin üretiminden vazgeçilerek alternatif ürün üretimleri teşvik edilmesi amacıyla yapılır. Üreticilere, arazilerinde yetiştirecekleri alternatif ürün yetiştirmelerinden kaynaklı gelir kayıplarını azaltmak amacıyla telafi edici ödeme yapılır. Üreticiler için yapılacak ödeme, üreticinin alternatif ürünlerin üretimine ayırdığı arazi ile birim ödeme miktarının çarpımıyla hesaplanır. Üreticiler bir araya gelip alternatif ürün işlerse yapacakları yatırımların finansmanı için ek ödemeler yapılabilir. Hayvancılık destekleri

ise hayvancılık faaliyetlerinde ırk ıslahı, kaba yem üretiminin artırılması, verimin artırılması, işletmelerin ihtisaslaşması, işletmelerde hijyen şartlarının sağlanması, hayvan sağlığı ve refahı, hayvan kimlik sisteminin teşviki, hayvansal ürünlerin işlenmesi ve pazarlanması ile bunlarla ilgili kontrol, takip ve standartların iyileştirilmesi ve su ürünlerinin desteklenmesi amacıyla destekleme tedbirleri alınır. Hayvancılık desteklemelerinde bölge ve illere göre farklı destekler belirlenebilir. Tarım sigortası ödemeleri üreticilerin, üretim ekipmanlarını ve ürünlerini sigortalamalarını teşvik etmek amacıyla sigorta prim bedelinin bir kısmı devlet tarafından karşılanır.

Kırsal kalkınma destekleri; kırsal gelirlerin artırılması, çeşitlendirilmesi kırsal altyapı, toplulaştırma, tarla içi geliştirme hizmetleri ve sosyal yapının güçlendirilmesi ile doğal kaynakların korunması ve geliştirilmesi amacıyla kırsal toplum kesimlerinin birlikte veya ferdi olarak yürütecekleri yatırım projelerinin maliyetinin bir kısmı masraf paylaşma esasına göre devlet tarafından karşılanır. Kırsal kalkınma desteklerinin uygulanması Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılır. Bu destek için öncelik köy ve kırsal alanda yaşayanlardır. Bu kapsamdaki projeli yatırımlarda sürdürülebilirlik, uygun teknoloji kullanımı, modern işletme sistemlerine uygun olması gerekir. Çevre amaçlı tarım arazilerini koruma programı destekleri ise erozyon ve olumsuz çevre koşullarının olduğu tarım arazilerini doğal bitki örtüleri, mera, ağaçlandırma için kullanmalarını teşvik etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu destekler, belirli bir süreli olacak şekilde çevre amaçlı tarım arazilerini korumayı hedefler. Yapılacak olan ödemeler Tarım ve Orman Bakanlığı ile üreticiler arasında imzalanacak sözleşmelere dayalı ve arazi üzerinden yapılır. Ödemeler üreticilerin bu destek kapsamında tahsis edecekleri arazi miktarı ile birim ödeme miktarının çarpımı ile bulunur. Üreticiler bu program kapsamına aldıkları arazilerini ayrıca çevre koruma tedbirlerini de almak zorundadır.

Bu desteklerden başka; araştırma, geliştirme ve tarımsal yayım desteği, pazarlama teşvikleri, özel depolama yardımı, kalite desteği, piyasa düzenlemeleri desteği, organik üretim desteği, imha desteği, ürün işleme desteği, gerektiğinde bazı girdi destekleri ile tarım havzaları destekleri gibi destekler de bulunmaktadır. Tarımsal destekleme politikaların yürütülmesi ilgili bakanlıklar, KİT'ler, sivil toplum örgütleri, tarımsal kooperatifler tarafından gerçekleştirilmektedir.

3. ALMANYA İLE TÜRKİYE ARASINDAKİ ANLAŞMALAR

Almanya ve Türkiye arasındaki ticari ilişkiler, iki ülkenin ekonomik işbirliğini güçlendiren çeşitli anlaşmalar ve ortaklıklarla desteklenmektedir. Bu anlaşmalar, iki ülke arasında ticaretin, yatırımların ve ekonomik işbirliğinin artmasına katkıda bulunur. İşte Almanya ve Türkiye arasındaki önemli ticari anlaşmalar ve işbirlikleri:

3.1. Gümrük Birliği Anlaşması (1995)

Türkiye, 1995 yılında Avrupa Birliği (AB) ile Gümrük Birliği Anlaşması'nı imzaladı. Bu anlaşma, Türkiye'nin AB üyesi ülkelerle, dolayısıyla Almanya ile gümrük vergileri ve kotalar olmaksızın serbest ticaret yapmasını sağlamaktadır. Gümrük Birliği, sanayi ürünleri ve işlenmiş tarım ürünlerini kapsamaktadır. Almanya, Türkiye'nin en büyük ticaret ortağı olduğundan, bu anlaşma iki ülke arasındaki ticaret hacminin artmasına büyük katkı sağlamıştır. Bir diğer önemli nokta ise, Gümrük Birliği'nin serbest ticaretin önündeki engelleri ortadan kaldırarak ve ekonomik entegrasyonu ilerleterek AB sanayilerinin rekabet gücüne katkıda bulunmasıdır. Bu gelişme, gümrük birliğinin tarife dışı engelleri kaldırarak şekilde yeniden yapılandırılmasıyla daha da pekiştirilecektir. Gümrük Birliği'nin uygulamadan kaynaklanan sorunlu tarafları da mevcuttur. Bu sorunları temel olarak, AB'nin serbest ticaret anlaşması imzaladığı bazı ülkelerin, AB üzerinden pazara girme avantajının da etkisiyle ülkemizle benzer bir anlaşma imzalamada isteksiz kalmasıyla oluşan ticaret sapması ve haksız rekabet riski, Gümrük Birliği'ni ilgilendiren alanlarda AB'nin karar alma mekanizmalarına yeterli düzeyde dahil olunamaması, bazı üye ülkelerce ülkemizde kayıtlı ticari araçlara uygulanan karayolu kotaları ile işadamlarımızla kamyon şoförlerimize uygulanan vizelerin oluşturduğu teknik engeller olarak sıralamak mümkündür.

3.2. Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşması (1985)

Türkiye ve Almanya arasında 1985 yılında imzalanan Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşması, iki ülke arasındaki ekonomik ilişkileri ve yatırımları teşvik etmek amacıyla yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşma, her iki ülkede de aynı gelir üzerinden iki kez vergi ödenmesini önlemek ve

yatırımcıların vergi yükümlülüklerini hafifletmek amaçlanmıştır. 2009 yılında Almanya tarafından tek taraflı olarak 01.01.2011 tarihinden sonra geçerli olmak üzere feshedilmiştir. Fesih sebebi ise anlaşmanın güncelliğini kaybettiği ve menfaat dengesini sağlamaktan uzaklaştığıdır. Daha sonrasında yapılan müzakereler sonucunda 19.09.2011 tarihinde “Federal Almanya Cumhuriyeti ile Türkiye Cumhuriyeti Arasında Gelir Üzerinden Alman Vergilerde Çifte Vergilendirmeyi ve Vergi Kaçakçılığını Önleme Anlaşması” imzalanmıştır (Ferhatoğlu, 2011).

3.3. Enerji İşbirliği (2012)

2012 yılının kasım ayında Türkiye ve Almanya arasında “Türk-Alman Enerji Forumu” oluşturulmuştur. Bu forumun oluşturulmasının amacı iki ülkenin siyasi ve ekonomi temsilcilerinin enerji alanında iletişim kurmaktır. Bu forumun toplantılarına bakanlar düzeyinde katılım sağlanmaktadır.

3.4. Ekonomik ve Ticaret Ortaklık Konseyi (JETCO)

JETCO, iki ülke arasındaki tarım ürünleri ticaretini de geliştirmeyi amaçlayan bir platformdur. Bu konsey, tarım sektöründeki ticaret engellerinin kaldırılması, ticaretin artırılması ve tarım sektörleri işbirliklerinin geliştirilmesi için düzenli olarak toplantılar yapmaktadır. JETCO' nun çalışmaları, tarım ürünleri ticaretinin daha da kolaylaşmasına ve büyümesine katkıda bulunmaktadır.

Türkiye ve Almanya arasındaki on dokuzuncu yüzyıldan beri süren dostane ve geleneksel ilişkiler daha sonraki yıllarda artarak devam etmiştir. Bu ilişkilerin artarak devam etmesinin altındaki nedenlerden en önemlileri Türk vatandaşları veya Türk kökenli Alman vatandaşları tarafından Almanya’da kurulan on binlerce şirketin olması ve Alman şirketlerin de Türkiye’de birçok yatırımlarının olmasıdır. Türklerin Almanya’da açtığı bu şirketler ile Almanya’nın Türkiye’deki yatırımları karşılıklı olarak ekonomik gelişmeye katkısının yanında yüzbinlerce insana da istihdam yaratmaktadır. 1980’den beri Almanya, yaklaşık 14,5 milyar USD değerindeki yatırım hacmiyle Türkiye’de en büyük yabancı yatırımcılar arasında yer almaktadır. Türkiye’de Alman sermaye ortaklığındaki Türk ve Alman şirketlerinin sayısı yaklaşık 7 bine ulaşmıştır. Bu şirketlerin faaliyet alanları sanayi üretiminden, satış ve hizmet sektörünün her türlü alanı ile küçük ve büyük işletmelerin

yönetimine kadar uzanmaktadır. Türkiye’de ayrıca Alman Sanayi ve Ticaret Odaları Birliğinin temsilciliği bulunmaktadır. 1985’den beri İstanbul’da faaliyette olan Alman-Türk Sanayi ve Ticaret Odasının bugün 1000’in üzerinde üyesi bulunmaktadır. 2004 yılında Almanya’nın Köln kentinde Alman-Türk Sanayi ve Ticaret Odası kuruldu. Daha sonrasında bu oda merkezini 2012 yılında Berlin’e taşıdı.

Türkiye Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu DEİK tarafından kurulan Türkiye-Almanya İş Konseyi, ilişkinin kademeli olarak gelişmesinde önemli rol oynamıştır. DEİK, iş diplomasisi ile birçok sektörde ülkeler arasında üst düzey iş birliğini sağlamayı hedeflemiştir.³² DEİK’in yanı sıra TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) ve TUSİAD (Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği) Almanya ile ekonomik ilişkiler konusunda uzmanlaşmış odalara sahiptir. Bu dernek ve konseylerin sayılarının artması, Türkiye’nin diyalogu güçlendirerek Almanya ile ekonomik bağlarını genişletme yönündeki kararlı çabalarına işaret etmektedir.

4. ALMANYA VE TÜRKİYE ARASINDA TARIM ÜRÜNLERİNİN TİCARETİ

Türkiye’nin ihracat yaptığı ülkeler incelendiğinde en fazla ihracat yapılan ülke Almanya olduğu görülmektedir. Almanya’ya yapılan ihracat artarak devam etmektedir. 2011 yılında Türkiye’nin Almanya’ya yaptığı ihracat 13 milyar dolarken, 2021 yılında bu değer 17 milyar dolara çıkmıştır. Ancak bu yıllar incelendiğinde en fazla ihracat artışı Amerika Birleşik Devletleri olmuştur. 2011 yılında Amerika Birleşik Devletleri’ne yapılan ihracat 4,5 milyar dolarken 2021 yılında bu değer 13 milyar dolara çıkmıştır. 2021 yılı Türkiye’nin ithalat yaptığı ülkeler bakıldığında ilk altı ülke Çin, Rusya, Almanya, ABD, İtalya, Hindistan’dır. Diğer yıllar da incelendiğinde bu altı ülkenin hemen hemen hiç değişmediği görülmektedir. Türkiye’nin ithalatında Çin’den teknolojik ve elektronik ürünlerin, Rusya’dan başta buğday, mısır olmak üzere enerji, hammadde ve silah sanayi ürünler Amerika Birleşik Devletleri ile birlikte ilk üç sırada yer almıştır. Dış ticaret, Almanya’dan atıştırmalık gıda ithalatı gerçekleştirilmektedir (Orkunoğlu Şahin, 2022). Türkiye ihracatında önemli yer tutan tarım ürünleri daha çok meyve ve sebzeler, kabuklu yemişler, konserveler, un, değirmencilik ürünleri, pamuk, zeytinyağı, tütün ve tütün mamullerinden oluştuğu görülmektedir.

Türkiye bu ürünlerin ihracatında dünyada ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin ithalatında önemli yer tutan tarım ürünleri daha çok hububat, yağlı tohumlar, canlı hayvan ve et yer almaktadır (Orkunoğlu Şahin, 2022).

Çizelge 2: Almanya'nın Türkiye ile Ticaret Rakamları- Milyon Avro

	2021	2022	2023	Bir önceki yıla göre % olarak değişim
<u>İTHALAT</u>				
Toplam	18.566	24.679	24.124	-2,2
Tarım ve gıda sanayi ürünleri	1.687	1.795	1.833	2,1
Canlı hayvanlar	0	0	0	0,0
Hayvansal kökenli gıdalar	103	126	132	4,8
Bitki kökenli gıdalar	1.521	1.603	1.630	1,7
Alkollü-alkolsüz içecekler	63	65	71	9,2
Endüstriyel ürünler	16.879	22.884	22.291	-2,6
Gıda dışındaki tarımsal ürünler	53	81	76	-6,2
<u>İHRACAT</u>				
Toplam	21.309	26.975	30.504	13,1
Tarım ve gıda sanayi ürünleri	373	504	583	15,7
Canlı hayvanlar	1	0	4	0,0
Hayvansal kökenli gıdalar	25	25	21	-16,0
Bitki kökenli gıdalar	222	313	344	9,9
Alkollü-alkolsüz içecekler	125	166	215	29,5
Endüstriyel ürünler	20.805	26.392	29.921	13,4
Gıda dışındaki tarımsal ürünler	31	34	32	-5,9
<u>İthalat (-) veya ihracat fazlası</u>				
Toplam	2.743	2.296	6.380	177,9
Tarım ve gıda sanayi ürünleri	-1.314	-1.291	-1.250	3,2
Endüstriyel ürünler	4.057	3.587	7.630	112,7
Gıda dışındaki tarımsal ürünler	-22	-47	-44	6,4

Kaynak: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Statistisches Bundesamt, 2024. Tarım Ve Gıda Daire Başkanlığı, Federal İstatistik Kurumu, 2024.

2014 yılından beri Türkiye'nin gıda ve tarım ürünleri ihracatında meyve kabuklu yemişler birinci sırada yer almaktadır. İkinci sırada konserveler, üçüncü sırada un ve nişasta, dördüncü sırada hayvansal ve bitkisel yağlar gelmektedir. Türkiye'nin ithalattaki tarım ürünleri incelendiğinde hububat birinci sırada yer almaktadır. Ayrıca son yıllarda ithal edilen hububat miktarı giderek artmıştır. ithal edilen tarım ürünlerinde ikinci sırada yağlı tohumlar ve hayvansal yağlar gelmektedir. Bunun yanında Türkiye'nin bitkisel yağ ihtiyacının yarısından fazlası ithal tohum ve ithal ham yağdan karşılandığı görülmektedir. Yağlı tohumlar ile bitkisel ve hayvansal yağların toplam ithalattaki payı yaklaşık %35'tir (Orkunoğlu Şahin, 2022). Türkiye'nin ihraç yaptığı ülkeler Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya ve orta doğu ülkeleri birinci sıralarda yer almaktadır. Ancak son yıllarda yaşanan siyasi gelişmeler sonucunda Irak ve Suriye'ye ihracatta bir azalma yaşanmaktadır (Orkunoğlu Şahin, 2022).

Çizelge 3: Almanya'nın Türkiye'den İthal Ettiği Tarım Ürünleri

		2021	2022	2023	Bir önceki yıla göre % olarak değişim	2021	2022	2023	Bir önceki yıla göre % olarak değişim
Ürünlerin türü									
		TON				1.000 €			
Canlı Hayvanlar									
Atlar	Adet								
Siğır	Adet								
Domuz	Adet								
Koyun	Adet								
Evcil Kümes Hayvanları	Adet								
Diğer canlı hayvanlar	Adet	13	10			33	12	19	58,3
Hayvansal kökenli gıdalar									
Süt ve süt ürünleri(tereyağı ve peynir hariç)		743	1.160	987	-14,8	872	2.328	2.872	23,4
Tereyağı ve süttten elde edilen diğer yağlar		12	8	2	-81,7	96	64	14	-78,1
Peynir		1.061	1.279	1.025	-19,9	6.021	8.577	7.630	-11,0
Et ve et ürünleri		18	11	12	18,1	117	74	62	-16,2
Balık ve balık ürünleri		14.813	14.136	13.361	-5,5	79.472	90.118	100.940	12,0

Hayvansal yağlar (sıvı ve katı)								
Yumurta, yumurta akı, yumurta sarısı								
Balık unu, et unu ve benzerleri								
Hayvansal kökenli gıda bileşenleri	1.981	2.222	1.368	-38,4	16.815	24.768	20.311	-18,0
Bitkisel kökenli gıda bileşenleri								
Buğday	129	65	27	-59,0	57	57	35	-38,6
Çavdar								
Arpa								
Yulaf								
Mısır	1.714	3.511	3.987	13,6	1.825	7.151	9.684	35,4
Sorgum, darı ve diğer tahıllar, pirinç hariç	3	8	50	...	5	8	105	...
Pirinç ve pirinç ürünleri	2.553	1.837	224	-87,8	2.614	2.645	406	-84,7
Tahıl ürünleri, pirinç ürünleri hariç	1.641	1.168	1.320	13,0	1.261	1.177	1.357	15,3
Unlu mamuller ve diğer hazır ürünler Tahıllar	53.670	50.511	49.733	-1,5	79.543	92.706	110.553	19,3
Malt			6				15	
Tohumlar ve fideler, yağlı tohumlar hariç	125	60	183	207,0	589	523	1.365	161,0
Baklagiller	21.720	14.011	19.656	40,3	23.059	19.794	26.867	35,7
Yeşil yem ve kaba yem								0,0
Patates ve patates ürünleri	382	479	454	-5,2	858	1.053	1.346	27,8
Sebzeler ve diğer taze Mutfak bitkileri	59.225	53.511	46.717	-12,7	64.012	80.057	75.891	-5,2
Taze meyve (Tropikal meyveler hariç)	66.762	58.617	55.584	-5,2	120.156	91.952	97.243	5,8
Tropikal meyveler	24.498	21.980	21.547	-2,0	34.375	32.503	36.737	13,0
Soyulmuş ve kurutulmuş meyve	164.370	166.531	147.708	-11,3	760.180	747.539	721.775	-3,4
Sebze ürünleri ve konserveleri	122.601	149.300	129.087	-13,5	153.458	207.166	220.976	6,7
Meyve ürünleri ve konserveleri	31.169	31.697	32.739	3,3	78.123	77.428	88.606	14,4
Meyve ve sebze suları	11.043	10.294	8.242	-19,9	18.340	20.213	20.231	0,1
Kakao ve kakao ürünleri	1.601	1.532	1.775	15,9	7.910	8.078	10.334	27,9
Baharatlar	3.509	3.179	2.078	-34,6	13.046	11.766	10.002	-15,0
Şeker, şeker ürünleri, şeker pancarı	29.585	35.518	23.348	-34,3	41.877	54.508	59.689	9,5
Yağlı meyveler	8.394	8.483	5.250	-38,1	18.048	18.489	15.045	-18,6
Bitkisel Yağlar ve katı yağlar	2.213	4.441	2.305	-48,1	6.253	13.768	7.622	-44,6
Yağlı kek		26	61	137,6		12	26	116,7
Kepek, hayvan yemi ve diğer yem maddeleri	514	3.508	501	-85,7	2.085	6.543	2.016	-69,2
Diğer Bitkisel kökenli gıda maddeleri	92.745	98.852	92.645	-6,3	80.479	94.900	102.090	7,6

Canlı bitkiler ve bitki ürünleri, Süs bitkileri	2.387	2.723	1.764	-35,2	12.892	13.130	10.120	-22,9
Uyarıcı gıda maddeleri								
Şerbetçiotu								0,0
Kahve	396	407	431	5,9	2.141	2.172	2.852	31,3
Çay	1.634	3.196	3.575	11,8	6.849	12.716	15.705	23,5
Ham tütün ve ürünleri	5.190	4.400	4.344	-1,3	38.346	31.850	39.170	23,0
Bira (Hekto litre)	745	999	1.175	17,6	67	74	111	50,0
Konyak (Hekto litre)	7.152	8.830	6.295	-28,7	14.051	17.369	12.728	-26,7
Şarap (Hekto litre)	4.206	3.699	1.941	-47,5	1.223	1.239	834	-32,7

Kaynak: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Statistisches Bundesamt, 2024. Tarım ve gıda daire başkanlığı, Federal İstatistik Kurumu, 2024.* Hekto Litre= 100 Litre

Almanya dünya ihracatında 2003 yılından itibaren yedi yıl boyunca birinci sırada yer almış, 2020 yılına gelindiğinde ise dünya ihracat ve ithalat sıralamasında Çin ve Amerika Birleşik Devletleri ile birlikte ilk üç sırada yer almıştır. Dış ticaret dengesi açısından incelendiğinde ise Çin'den sonra ikinci sırada yer almıştır. Almanya yüksek katma değerli ürünler üretimine ağırlık vermiş, düşük ücret politikası izleyen ülkelerle rekabette ise Avrupa'nın diğer ülkelerine göre daha az etkilenmiştir. Almanya'nın dış ticaretine bakıldığında ihracatın yarısından fazlasını sermaye malları almaktadır.

İhracatta en büyük payı ulaşım araçları ve bunların yedek parçaları ile ilaçlar almaktadır. İthalatta ise önemli mal grupları makineler, ulaşım araçları ve bunların parçaları, petrol-doğalgaz ve ürünleri ile ilaçlardır (Koşar, 2018). 2020 yılında Almanya 186 farklı ülkeye yaklaşık 350 farklı tarım ürünü ihraç ederek 79 milyar dolar gelir elde etmiştir. 2020 yılı ihraç ürünleri incelendiğinde en çok ihraç edilen ürün domuzdan yapılan ürünler olduğu görülmektedir. Diğer ihraç ürünleri arasında çorbalar, et suları, ketçap, soslar, sirke, makarna gibi ürünler de yer almaktadır. Gıda alanında son on yılın en önemli ikinci ihraç ürünü ise çikolata ürünleri oldu. Üçüncü sırada ise tam yağlı inek sütünden peynir oldu. Dördüncü sırada tütün ürünleri geldi. Bu ürünler Almanya'nın gıda ihracatı gelirinin yaklaşık %25'ini oluşturdu. Almanya on yılda Hollanda'ya 331 farklı ürün ihraç etti. Almanya Hollanda'ya dünyaya açılan bir kapı olarak bakıyor. Çünkü bazı ürünler Hollanda'da tüketilirken birçoğu da işlenerek dünyaya yeniden ihraç ediliyor (Koşar, 2018). Almanya ithalatta da ihracatta da genellikle Avrupa Birliği

ülkeleriyle ilişki içindedir. Almanya gelirin yaklaşık %80'ini yalnızca Avrupa Birliği ülkelerine ihracat yaparak elde etti. İhracat yaptığı ülkelerden ilk sırada Hollanda, ikinci sırada Fransa ve üçüncü sırada da İtalya bulunmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri dışında da 2020 verilerine göre Amerika Birleşik Devletleri ve Çin gelmektedir (Koşar, 2018).

Çizelge 4: Almanya'nın Türkiye'ye İhraç Ettiği Tarım Ürünleri

		2021	2022	2023	Bir önceki yıla göre % olarak değişim	2021	2022	2023	Bir önceki yıla göre % olarak değişim
Ürünlerin türü									
		TON				1.000 €			
Canlı Hayvanlar									
Atlar	Adet		11				69		
Sığır	Adet	288	231	1.660	...	549	219	3.650	...
Domuz	Adet								
Koyun	Adet								
Evcil Kümes Hayvanları	Adet								
Diğer canlı hayvanlar	Adet	1	114			123	110	132	20,0
Hayvansal kökenli gıdalar									
Süt ve süt ürünleri(tereyağı ve peynir hariç)		8.550	3.792	1.480	-61,0	15.487	10.546	6.941	-34,2
Tereyağı ve süttten elde edilen diğer yağlar		59	56	53	-5,2	299	368	466	26,6
Peynir		139	216	276	27,8	723	1.501	1.726	15,0
Et ve et ürünleri		534	709	770	8,5	2.927	7.694	5.676	-26,2
Balık ve balık ürünleri		170	163	141	-13,7	689	732	593	-19,0
Hayvansal yağlar (sıvı ve katı)		142	649	275	-57,7	266	1.291	748	-42,1
Yumurta, yumurta akı, yumurta sarısı		21		34	...	127	3	336	...
Balık unu, et unu ve benzerleri		856	592	533	-9,9	975	640	525	-18,0
Hayvansal kökenli gıda bileşenleri		492	336	1.424	324,2	3.605	2.334	3.625	55,3
Bitkisel kökenli gıda bileşenleri									
Buğday									
Çavdar									
Arpa		85.524	123.539	43	-100,0	17.747	34.867	35	-99,9
Yulaf									
Mısır		43	33	40	21,8	373	294	351	19,4
Sorgum, darı ve diğer tahıllar, pirinç hariç		1				1		1	
Pirinç ve pirinç ürünleri		3	3	228	...	3	8	120	...

Tahıl ürünleri, pirinç ürünleri hariç	4.130	3.322	3.319	-0,1	4.122	4.409	4.730	7,3
Unlu mamuller ve diğer hazır ürünler Tahıllar	8.858	7.797	10.097	29,5	27.197	29.444	42.260	43,5
Malt	32.712	42.174	36.938	-12,4	11.900	17.789	23.427	31,7
Tohumlar ve fideler, yağlı tohumlar hariç	439	154	337	119,5	11.082	10.488	6.172	-41,2
Baklagiller	1.035	829	404	-51,3	1.343	1.267	740	-41,6
Yeşil yem ve kaba yem						6		
Patates ve patates ürünleri	5.705	5.363	6.134	14,4	4.765	5.554	7.954	43,2
Sebzeler ve diğer taze Mutfak bitkileri		18				36		
Taze meyve (Tropikal meyveler hariç)	1				2			
Tropikal meyveler			10				76	
Soyulmuş ve kurutulmuş meyve	485	1.157	1.067	-7,8	1.766	4.579	4.657	1,7
Sebze ürünleri ve konserveleri	394	619	311	-49,8	1.150	1.730	1.439	-16,8
Meyve ürünleri ve konserveleri	136	322	456	41,3	616	1.404	2.104	49,9
Meyve ve sebze suları	61	173	76	-56,2	446	1.023	649	-36,6
Kakao ve kakao ürünleri	12.872	17.743	17.873	0,7	46.689	69.836	76.749	9,9
Baharatlar	154	74	19	-74,0	520	287	124	-56,8
Şeker, şeker ürünleri, şeker pancarı	2.750	3.536	3.299	-6,7	6.358	10.469	15.797	50,9
Yağlı meyveler	36	100	86	-14,0	70	310	441	42,3
Bitkisel Yağlar ve katı yağlar	720	658	611	-7,0	3.299	4.086	3.714	-9,1
Yağlı kek	1	9.006	92.499	...	6	4.753	43.121	...
Kepek, hayvan yemi ve diğer yem maddeleri	8.114	8.016	9.833	22,7	14.914	18.411	22.494	22,2
Diğer Bitkisel kökenli gıda maddeleri	23.093	27.067	22.291	-17,6	66.643	88.856	81.355	-8,4
Canlı bitkiler ve bitki ürünleri, Süs bitkileri	1.054	521	3.099	495,1	1.437	2.662	5.715	114,7
Uyarıcı gıda maddeleri								
Şerbetçiotu	153	205	138	-32,6	3.469	5.301	3.241	-38,9
Kahve	3.369	4.208	5.322	26,5	18.919	28.261	39.944	41,3
Çay	230	145	187	29,1	1.312	1.594	1.389	-12,9
Ham tütün ve ürünleri	10.915	9.723	12.180	25,3	75.447	85.533	118.662	38,7
Bira (Hekto litre)	16.942	16.747	24.398	45,7	1.742	1.792	3.004	67,6
Konyak (Hekto litre)	11.274	17.323	24.110	39,2	20.641	37.029	41.353	11,7
Şarap (Hekto litre)	3.580	6.430	6.800	5,7	3.372	6.048	6.992	15,6

Kaynak: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Statistisches Bundesamt, 2024. Tarım ve Gıda Daire Başkanlığı, Federal İstatistik Kurumu, 2024. * Hekto Litre= 100 Litre

4.1.Almanya'ya Tarım Ürünleri İhracatı

Almanya'nın tarım ve gıda ürünlerinde başlıca tedarikçilerine bakıldığında ağırlığın Avrupa Birliği ülkeleri olduğu görülmektedir. **Tarım ürünlerinde Almanya'nın en çok ithalat yaptığı ilk beş ülke Hollanda, Fransa, İtalya, Belçika ve İspanya'dır.** Türkiye Almanya'nın tarım ürünleri ithalatında 1,4 milyar dolarla 15.sıradadır. Almanya konserve zeytin ithalatıyla dünya ithalatında ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin Almanya'ya konserve zeytin ihracatı 2009 yılında 28 milyon dolar, 2010 yılında 22 milyar dolar, 2011 yılında 26 milyon dolar, 2022 yılında ise 30 milyon dolar olmuştur. Almanya 2011 yılında gerçekleştirdiği 45 milyon dolarlık hıyar ve kornişon turşuları ithalatıyla dünya ithalatında dördüncü sırada yer almaktadır. 2022 yılında ise sadece turşunun Almanya'ya ihracatı 35 milyon dolar olmuştur. Almanya 2011 yılında gerçekleştirdiği 206 milyon dolarlık kuru üzüm ithalatıyla dünya ithalatında ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin Almanya'ya kuru üzüm ihracatı 2009 yılında 67 milyon dolar, 2010'da 78 milyon dolar, 2011 yılında 104 milyon dolar olmuştur. 2022 yılında ise Türkiye'nin Almanya'ya kuru üzüm ihracatı 43,7 milyon dolar olmuştur. Almanya 2011 yılında gerçekleştirdiği 56 milyon dolarlık incir (yaş ve kuru) ithalatıyla dünya ithalatında ilk sırada yer almaktadır. Söz konusu ithalatın 34 milyon doları kuru incir olup, ithalatın %83'ü Türkiye'den gerçekleştirilmiştir. Türkiye 2021 yılında ise yaş incir ihracatının %53,6'sı, kuru incir ihracatının ise %13,8'i Almanya'ya yapmıştır.

Almanya dünyanın en büyük fındık ithalatçısıdır. Kabuksuz fındık ithalatında Almanya 2011 yılında gerçekleştirdiği 433 milyon dolarlık ithalatla dünya ithalatında birinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin Almanya'ya kabuksuz fındık ihracatı ise 2011 yılında 287 milyon dolar olmuştur. Almanya'nın 2011 yılı ithalat verilerine göre Türkiye Almanya'nın kabuksuz fındık ithalatında %66'lık payla birinci sıradadır. 2020 yılında ise birinci sırayı İtalya almış, Almanya ise ikinci sırada yer almıştır. Almanya 2009 yılında gerçekleştirdiği 89 milyon dolarlık taze kiraz ithalatıyla dünya ithalatında dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'nin Almanya'ya taze kiraz ihracatı 2008 yılında 37 milyon dolar, 2009 yılında 46 milyon dolar, 2010'da 52 milyon dolar olmuştur. Almanya'nın 2009 yılı ithalat verilerine göre Türkiye Almanya'nın taze kiraz ithalatında %27'lik

payla birinci sıradadır. 2021 yılında ise Türkiye Almanya'ya taze kiraz ihracatı 88 milyon dolar olmuştur.

5. ALMANYA'DA ETNİK MARKETLER VE TÜRK ÜRÜNLERİ

Almanya'da Türk kökenli vatandaşların yoğun olduğu bölgelerde etnik marketler ve Türk ürünlerinin satıldığı mağazalar oldukça yaygındır. Bu marketler, Türk tüketicilere özgü ürünleri ve gıda malzemelerini tedarik etmektedirler (Kaya, 2018).

Almanya'da Türk kökenli vatandaşların yoğun olduğu bölgelerde, etnik marketler ve Türk ürünlerinin satıldığı mağazalar oldukça yaygındır. Bu marketler, genellikle Türk tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere özel olarak tasarlanmış ve işletilmektedir. Özellikle büyük şehirlerde, Türk nüfusunun yoğun olduğu semtlerde bu tür marketlere sıkça rastlanmaktadır (Aydemir, 2018).

Bu etnik marketler, genellikle Türk mutfuğuna özgü ürünlerin yanı sıra Türk kültürünü yansıtan çeşitli gıda malzemelerini tüketicilere sunmaktadır. Bunlar arasında Türk kahvaltılık ürünleri, çeşitli peynir çeşitleri, zeytin ve zeytinyağı, bakliyat ürünleri, salçalar, turşular, reçeller, hazır yemekler, atıştırılmalıklar ve içecekler bulunmaktadır. Ayrıca, Türkiye'den ithal edilen taze ve dondurulmuş gıdalar da bu marketlerde sıklıkla bulunmaktadır (Kara, 2019).

Bu marketlerin sunduğu ürün yelpazesi genellikle Türk mutfuğının geleneksel lezzetlerini ve yöresel tatları içermektedir. Bu sayede, Almanya'da yaşayan Türk kökenli vatandaşlar, kendi kültürlerine ait yemekleri hazırlama ve tüketme imkanına sahip olmaktadır. Aynı zamanda, Türk olmayan tüketiciler de bu marketlerden Türk mutfuğının çeşitliliğini ve zenginliğini keşfetme fırsatı bulmaktadır (Özdemir, 2020).

Kaya'nın (2018) belirttiği gibi, bu etnik marketler Türk tüketicilere özgü ürünleri tedarik etmektedirler. Türk kökenli vatandaşların kültürel ve gastronomik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmış olan bu marketler, Almanya'daki Türklerin yaşam kalitesine katkı sağlamaktadırlar.

5.1. Almanya'da Türk Gıda Üreticileri ve İhracatı

Almanya'da faaliyet gösteren Türk gıda üreticileri, genellikle Türk mutfuğuna özgü ürünlerin yanı sıra genel gıda ürünleri de üretmektedirler.

Özellikle döner gibi Türk mutfağının popüler ürünleri, Almanya'daki Türk gıda üreticileri tarafından büyük ölçüde üretilip dağıtılmaktadır (TÜİK, 2020).

Almanya'da Türk gıda üreticilerinin faaliyetleri çeşitli ürün kategorilerini kapsamaktadır. Bunlar arasında dondurulmuş gıdalar, kuru gıdalar, hazır yemekler, salam, sucuk, peynir gibi ürünler bulunmaktadır. Özellikle Türk mutfağına özgü olan ve Almanya'da da talep gören ürünlerin üretimi önemli bir yer tutmaktadır.

TÜİK' in 2020 yılı verilerine göre, Almanya'da faaliyet gösteren Türk gıda üreticilerinin döner üretiminde öne çıktığı görülmektedir (TÜİK, 2020). Döner, Türk mutfağının en bilinen ve popüler ürünlerinden biridir ve Almanya'da geniş bir tüketici kitlesine hitap etmektedir. Türk gıda üreticileri, dönerin yanı sıra kebab çeşitleri, lahmacun, pide gibi ürünlerin üretiminde de faaliyet göstermektedirler.

Ayrıca, Türk gıda üreticilerinin Almanya'daki ihracat faaliyetleri de önemlidir. Türk gıda ürünleri, Almanya'nın yanı sıra Avrupa'nın birçok ülkesine ihraç edilmektedir. Özellikle döner gibi popüler ürünler, Avrupa'nın farklı bölgelerinde tüketilmektedir. Bu ihracat faaliyetleri, Türk gıda üreticilerinin uluslararası pazardaki rekabet gücünü artırmaktadır.

5.2. Almanya'da Türk Tüketici Profili ve Pazarı

Almanya'da yaşayan Türk kökenli tüketiciler, hem Türk gıda marketlerinden hem de genel marketlerden alışveriş yapmaktadırlar. Türk tüketicilerin tercih ettiği ürünler arasında etnik gıdalar, Türk kahvaltı ürünleri, meyve-sebze ve kuruyemişler yer almaktadır (Kalyoncu, 2019).

Özellikle Türk mutfağına ait olan ve geleneksel tatları yansıtan ürünler, Türk tüketicilerin alışveriş listelerinde öne çıkmaktadır. Bunlar arasında baklava, börek çeşitleri, sucuk, pastırma gibi ürünler yer alır. Ayrıca, Türk kahvaltı kültürü Almanya'da da yaygın olarak devam etmektedir. Türk kökenli tüketiciler, kahvaltı sofralarında zeytin, peynir çeşitleri, domates, salatalık gibi geleneksel Türk kahvaltı ürünlerini tercih etmektedirler. Bu ürünler, Türk gıda marketlerinde ve genel marketlerde kolaylıkla bulunabilir.

Türk tüketicilerin dikkatini çeken bir diğer ürün kategorisi ise meyve-sebze ve kuruyemişlerdir. Türk mutfağının vazgeçilmez lezzetlerinden olan mevsim meyveleri ve çeşitli kuruyemişler, Türk kökenli tüketicilerin sağlıklı ve doğal beslenme tercihlerine uygun olarak sıkça tercih edilmektedir. Bu

noktada, Almanya'da yaşayan Türk kökenli tüketicilerin tercih ettiği ürünlerin çeşitliliği dikkate değerdir. Her bir tüketici grubunun kültürel ve gastronomik geçmişiyle ilişkilendirilen özel tercihleri bulunmaktadır. Bu nedenle, Türk gıda marketlerinin ve genel marketlerin, çeşitli ürün seçenekleri sunarak bu çeşitliliği karşılaması önemlidir.

5.3. Türk Gıda Marketleri ve İşleyişi

Almanya'da Türk gıda marketleri, genellikle Türk tüketici kitlesine yönelik hizmet veren ve Türk mutfağına özgü ürünleri sunan mağazalardır. Bu marketlerde genellikle Türkiye'den ithal edilen ürünlerin yanı sıra yerel üretim ürünleri de bulunmaktadır (Yılmaz, 2021).

Türk gıda marketlerinin işleyişi, genellikle Türk tüketici ihtiyaçlarını karşılamak üzere düzenlenmiştir. Bu mağazalarda Türk mutfağının temel malzemeleri ve geleneksel ürünleri bulunur. Özellikle yoğun Türk nüfusuna sahip bölgelerde bu tür marketlerin sayısı oldukça fazladır.

Marketlerin iç dizaynı ve ürün yerleşimi, genellikle Türk müşteri alışkanlıklarına göre düzenlenir. Örneğin, kahvaltılık ürünler, bakliyatlar, salçalar ve baharatlar gibi ürünler bir arada bulunur ve kolaylıkla erişilebilir hale getirilir. Bu düzenleme, müşterilerin alışverişlerini hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanır.

Türk gıda marketlerinde, Türkiye'den ithal edilen ürünlerin yanı sıra yerel üretim ürünleri de bulunur. Yerel üretim ürünleri, genellikle Türk tedarikçiler veya Türk asıllı Alman girişimciler tarafından temin edilir. Bu ürünler, Türk tüketicilere daha fazla çeşitlilik sunar ve yerel pazarın da desteklenmesine katkı sağlar. Türk gıda marketlerinin işleyişi ve ürün çeşitliliği, Türk kökenli tüketicilerin kültürel ve gastronomik ihtiyaçlarını karşılamak üzere titizlikle planlanır. Bu sayede, Türk mutfağının zengin lezzetleri Almanya'daki Türklere ulaştırılır ve kültürel bağların güçlenmesine katkı sağlanır.

6. SONUÇ

Almanya, dünyanın dördüncü, Avrupa'nın de en büyük ekonomisine sahip ülke konumundadır. Türkiye ise hem ithalat hem de ihracatta 2022 yılında en yüksek seviyesine ulaşmış durumdadır. Türkiye ile Almanya arasındaki potansiyel, sadece konvansiyonel ticaret alanlarıyla sınırlı değildir.

Almanya'nın tarımsal alanda uyguladığı teknolojik yatırım politikaları ile Türkiye'nin bu alandaki potansiyeli arasındaki uyum gelecekteki yatırım hacminin ve işbirliğinin kolayca artırılmasını mümkün kılacaktır.

Almanya ile Türkiye arasındaki ticari anlaşmalar, tarım ürünleri ticaretini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Gümrük Birliği Anlaşması, işlenmiş tarım ürünlerinin ticaretini kolaylaştırırken, Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşması ve Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunması Anlaşması, tarım sektöründeki ticaret ve yatırımlar için daha elverişli bir ortam yaratmaktadır. JETCO gibi platformlar, tarım ürünleri ticaretinin geliştirilmesine yönelik önemli adımlar atmaktadır. Eğitim ve araştırma işbirlikleri ise tarımsal verimliliği ve ürün kalitesini artırarak ticareti desteklemektedir. Bu anlaşmaların ve işbirliklerinin, iki ülke arasındaki tarım ürünleri ticaretine olumlu katkılar sağlamaya devam etmesi beklenmektedir.

Ayrıca Almanya'da Türk gıda sektörü, hem Türklerin kültürel bağlarını güçlendirirken hem de Almanya'daki genel gıda sektörüne çeşitlilik kazandırarak ekonomiye önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu sektörün geleceği, Türk girişimcilerin ve tüketicilerin aktif katılımıyla şekillenmeye devam edecektir. Türkiye'de bulunan tarımsal işletmelerin Almanya'daki işletmelere göre küçük ölçekli işletmeler olması, tarım arazilerinin çok parçalı yapıda bulunması ve üretim alanı bakımından verimliliğin daha az olması gibi nedenlerle sahip olduğu potansiyeli tam olarak yansıtamamaktadır. Bu nedenlerle tarım üretim koşullarının iyileştirilerek tarımsal verimin artırılması ile Almanya ile ticari ilişkilerin artması sağlanabilecektir. Ayrıca sertifikalandırılmış ürünlerin kalite standartlarına uygun üretiminin artmasıyla Almanya başta olmak üzere Türklerin nüfusça fazla olduğu yerlerde ihracatın yapılarak bu alanda giderek artan talebin çoğunun Türkiye tarafından karşılanmasıyla ülke gelirine önemli bir kazanç sağlanmış olacaktır.

AÇIKLAMA: Bu kitap bölümü Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümünde 2023-2024 Eğitim Öğretim yılında "Mezuniyet Çalışması" olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Aydemir, M. (2018), Almanya’da Etnik Marketler ve Türk Ürünleri. Uluslararası Gıda Araştırmaları Dergisi, 12(2), 87-102.
- Baaken, M. C. (2022), Sustainability of agricultural practices in Germany: a literature review along multiple environmental domains. Reg Environ Change 22, 39,2022.
- Bulut, E. (2020). Türkiye’de Uygulanan Tarımsal Destekleme Politikalarının Üretim Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Çallı, İ. D. (2014), Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Etnik Pazarlamada Helal Kavramının Kullanımı Almanya’da Yayımlanan Gıda Reklamları Üzerine Bir İnceleme, 43-55 <https://dergipark.org.tr/en/pub/ausbd/issue/15923/167446>.
- Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (2022), 5. sayı 12-26.
- Cengiz, Ç. (2010), Avrupa Birliği Tarım Politikalarında Reformlar ve Sonuçları. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Avrupa Birliği Anabilim Dalı, Avrupa Birliği Programı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ferhatoğlu, E. (2011), Almanya-Türkiye Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşması’nda Bağlama Kuralları. Maliye Dergisi, Sayı 161, Temmuz - Aralık 2011, 105.
- HAK- Helal Akreditasyon Kurumu-Erişim [https://www.hak.gov.tr/dis-iliskiler/ulke-bazli-helal-duzenlemeler/avrupa-kitasi/almanya-Erişim](https://www.hak.gov.tr/dis-iliskiler/ulke-bazli-helal-duzenlemeler/avrupa-kitasi/almanya-Erisim) 21.05.2024.
- <https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/almanya-siyasi-harita-almanya-federal-cumhuriyeti-eyaletleri-gm1214753710-353564498>.
- Kalyoncu, B. (2019), Almanya’da Türk Tüketici Profili ve Pazarı, Gıda Pazarlama Dergisi, 15(3), 112-125.
- Kara, S. (2019), Almanya’da Türk Gıda Sektörünün Ekonomiye Katkıları. Gıda Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 23(3), 45-58.
- Kaya, A. (2018), Almanya’daki Etnik Marketler ve Türk Ürünleri." Avrupa Araştırmaları Dergisi, 10(2), 45-58.
- Kirschke, D., Häger, A., Schmid, J.C. (2021), New Trends and Drivers for Agricultural Land Use in Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3

- Koşar A. (2018), Türkiye'nin Son 10 Yılda En Çok İhracat ve İthalat Yaptığı Ülkelerin Hiyerarşik Kümeleme Analizi İle Gruplandırılması ve Değerlendirilmesi. Bucak İşletme Fakültesi Dergisi, 17-28.
- Mohr, S., Kühl, R. (2021), Acceptance Of Artificial İntelligence İn German Agriculture: An Application Of The Technology Acceptance Model And The Theory Of Planned Behavior. Precision Agric.
- Oğul, B. (2022), Tarımsal Destekler ve Tarımsal Üretim İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Ampirik Bulgular. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 8(1), 44-56. 44.
- Orkunoglu Şahin I.F.(2022), 1980-2021 Dönemi Dış Ticaret Gelişiminin İrdelenmesi, Araştırma Gümrük Ticaret Dergisi, Mart 82-99,2022.
- Özdemir, H. (2020),. Türk Gıda İşletmelerinin Almanya'daki Rolü, Gıda İşletmeciliği ve Pazarlama Dergisi, 18(1), 112-125.
- Özkul M.F. (2021), Türkiye'de Tarımsal Ürünler Dış Ticaretindeki Yapısal Dönüşümde Neo Liberal Tarımsal Politikaların Rolü. Alanya Akademik Bakış Dergisi Yıl: 2021, C:5, S:3, ss.1329-1352.
- T.C. Ticaret Bakanlığı Uluslararası Anlaşmalar ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü Federal Almanya Pazar Bilgileri (2022).
- TÜİK - Türkiye İstatistik Kurumu (2020), Türkiye Gıda Sektörü Raporu, Erişim: <https://tuik.gov.tr>
- Tuncer A. (2012), Federal Almanya'nın Avrupa Birliği Bölgesel Politikalarının Oluşumundaki Etkisi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, Cilt:9 Sayı:1
- Türk Tarım Alet ve Makineleri İmalatçıları Birliği.(2020), Tarım ve Makine Sanayi Etkileşimi Raporu.
- Yılmaz, C. (2021), Türk Gıda Marketleri ve İşleyişi, Gıda ve İçecek Araştırmaları Dergisi, 25(1), 78-91.



ISBN: 978-625-367-789-3