



SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMSAL ÜRETİM YÖNETİMİ VE İNOVASYON

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN

Doç. Dr. Nizamettin TURAN



İKSAD
Publishing House

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMSAL ÜRETİM YÖNETİMİ VE İNOVASYON

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN

Doç. Dr. Nizamettin TURAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Ali ÖZPINAR

Prof. Dr. Sakine ÖZPINAR

Doç. Dr. Mehmet AYDOĞAN

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Belma DOĞAN ÖZ

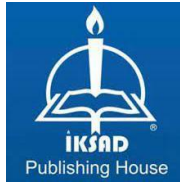
Dr. Öğr. Üyesi Serhat KOÇYİĞİT

Elif YAVUZASLANOĞLU

Nevzat ÖZBEY

Nilay KARAKAŞ

Uğur İKBAL



Copyright © 2025 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 – 2025©

ISBN: 978-625-378-369-3

Cover Design: İbrahim KAYA

October / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
-------------------	----------

BÖLÜM 1

YEŞİL GÜBRE ŞEKLİNDE KAHVERENGİ HARDAL BİTKİSİNİN (*Brassica juncea* L.) MISIR (*Zea mays* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN ÜZERİNE ETKİSİ

Uğur İKBAL

Elif YAVUZASLANOĞLU.....	3
--------------------------	---

BÖLÜM 2

İNSAN YAŞAMINDA BÖCEKLER NEDEN ÖNEMLİ?

Prof. Dr. Ali ÖZPINAR.....	23
----------------------------	----

BÖLÜM 3

TARIMDA DİJİTALLEŞME ÜZERİNE BİLİMSEL YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK KARŞILAŞTIRMASI: KÜRESEL VE TÜRKİYE ODAKLI İNCELEME

Doç. Dr. Mehmet AYDOĞAN.....	63
------------------------------	----

BÖLÜM 4

BİTKİLERİN YAYILMASINDA ETKİLİ OLAN DİNAMİKLER: BİTKİ BÖCEK İLİŞKİLERİ

Prof. Dr. Ali ÖZPINAR.....	85
----------------------------	----

BÖLÜM 5

BUĞDAY ÜRETİCİLERİNİN YENİ DESTEKLEME MODELİ HAKKINDA GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Belma DOĞAN ÖZ

Nevzat ÖZBEY.....	107
-------------------	-----

BÖLÜM 6

ZEYTİN TARIMINDA HASAT MEKANİZASYONU VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: ÇANAKKALE-EZİNE ÖRNEĞİ

Nilay KARAKAŞ

Prof. Dr. Sakine ÖZPINAR	131
--------------------------------	-----

BÖLÜM 7

TERMOELEKTRİK SİSTEMLERİN TARIMDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Serhat KOÇYİĞİT.....169

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında tarımsal üretim, sadece insanlığın temel gıda ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınma ve toplumsal refah açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Artan nüfus, iklim değişikliği, doğal kaynakların sınırlılığı ve tarımsal üretimde verimlilik ile çevresel etki arasındaki dengenin sağlanması gerekliliği, tarım sektörünü her zamankinden daha karmaşık ve çok boyutlu bir alan hâline getirmiştir. Bu karmaşıklık, sürdürülebilir tarım uygulamalarını ve yenilikçi üretim yaklaşımlarını kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu kitap, **sürdürülebilir tarımsal üretim yönetimi ile tarımda inovasyon** kavramlarını bir araya getirerek, hem akademik bir kaynak hem de pratik bir rehber sunmayı amaçlamaktadır. Kitap boyunca, tarımsal üretim süreçlerinde kaynak yönetimi, çevresel etki analizi, biyoçeşitliliğin korunması, dijital tarım teknolojileri, veri analitiği ve yapay zekâ uygulamaları gibi konular detaylı şekilde ele alınmaktadır. Ayrıca hidroponik, dikey tarım ve biyoteknoloji gibi yenilikçi üretim teknikleri, sürdürülebilirlik perspektifiyle incelenmektedir.

Kitapta sunulan her bölüm, yalnızca teorik bilgileri aktarmakla kalmayıp, aynı zamanda uygulayıcıların sahada kullanabileceği stratejiler ve örnek uygulamalarla desteklenmiştir. Bu bağlamda, okuyucuların tarımsal üretimde verimlilik, çevresel koruma ve ekonomik sürdürülebilirlik arasında denge kurmalarına yardımcı olmayı hedeflemekteyiz. Sürdürülebilir tarımın geleceğine katkıda bulunmak isteyen akademisyenler, araştırmacılar, çiftçiler ve politika yapıcılar için bu eser bir yol gösterici niteliği taşımaktadır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçen tüm akademisyenlere, sektör uzmanlarına ve tarımda yenilikçi çözümler geliştiren paydaşlara teşekkürlerimi sunarım. Umuyorum ki bu kitap, tarım alanında bilgi birikimini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda

okuyuculara ilham vererek sürdürülebilir ve inovatif tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN¹

Doç. Dr. Nizamettin TURAN²

¹ Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-7657-1227>

² Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-4026-6781>

BÖLÜM 1

YEŞİL GÜBRE ŞEKLİNDE KAHVERENGİ HARDAL BİTKİSİNİN (*Brassica juncea* L.) MISIR (*Zea mays* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN ÜZERİNE ETKİSİ

Uğur İKBAL³

Elif YAVUZASLANOĞLU^{4*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493632>

³ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü , Karaman , Türkiye.
ugurikbal.0004@gmail.com, orcid id: 0009-0008-4165-1412

⁴ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karaman, Türkiye.
eyavuzaslanoglu@kmu.edu.tr, orcid id: 0000-0002-5836-7011

1. GİRİŞ

Dünyanın hemen her yerinde yetiştirilebilen mısır, buğday ve pirinç ile birlikte dünyada en fazla üretimi yapılan tahıl türüdür. Mısır, Türkiye’de hem üretimi hem de geniş kullanım alanlarıyla önemli bir tarımsal üründür. Birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilmesi sayesinde tarım alanlarının etkin değerlendirilmesine, kırsal istihdamın artırılmasına, toplumun beslenmesine ve çeşitli sektörlere sağladığı girdilerle yüksek katma değer yaratılmasına katkı sağlamaktadır (Tanin ve ark., 2025). Dünya’da 1,16 milyar ton toplam mısır üretimi içinde Türkiye yaklaşık 8,5 milyon ton üretimle 16. sırada yer almaktadır (FAO, 2024). Bir endüstri bitkisi olarak mısır un, nişasta şekeri, nişasta, yağ ve yem sanayinde işlenmektedir (Şahin, 2001). Ekonomik getirisi yüksek olduğu için sulanabilen bitkisel üretim alanlarında üreticiler tarafından yetiştiriciliği tercih edilen bitkiler arasındadır. Yetiştiricilik sırasında mısırdaki hastalık etmenleri nedeniyle dünyada ortalama % 16 oranında verim kaybının meydana gelmektedir (Oerke, 2006). Amerika ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde hastalıklardan kaynaklanan mısır ürün kaybı %7,5-13,5 arasında değişirken, Çin, Hindistan gibi ülkelerde hastalıklardan dolayı % 50’ lere varan kayıpların olduğu bildirilmektedir (Kumar, 2018; Mueller ve ark., 2020; Ma ve ark., 2024). Mısır yetiştiriciliğinde zararlı ve yabancı otların ise dünyada ortalama olarak sırasıyla % 31 ve 34 oranında ürün kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Oerke, 2006). Mısırdaki bitki paraziti nematodlardan kaynaklanan ürün kaybı ise Amerika ve Kanada’ nın en çok mısır yetiştirilen bölgelerinde yıllık 1,7 milyon ton olarak belirlenmiştir (Mueller ve ark., 2020).

Dünya üzerinde en fazla mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı yer olan Amerika’ da mısır üretiminin yapıldığı 28 eyalette yapılan sörvey çalışmasında *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, ve *Pratylenchus* türlerinin verim kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. *Belonolaimus longicaudatus*, *Longidorus breviannulatus* ve *Paratrichodorus* spp.’ un da nadiren tespit edilen, verim kaybına neden olan türler olduğu tespit edilmiştir. Mısır kist nematodu *Heterodera zaeae*’ nin verim kaybı oluşturmadığı bildirilmiştir (Koenning ve ark., 1999). Benzer olarak, Iowa eyaletinde 2000-2010 yılları arasında mısır yetiştiriciliği yapılan 331 tarladan alınan örneklerde bitki paraziti nematodların dağılışı araştırılmıştır. En yaygın bulunan bitki paraziti nematod türlerinin sırasıyla % 77 ve % 51 oranında *Helicotylenchus* spp. ve *Pratylenchus* spp.

olduğu belirlenmiştir. Ayrıca % 42 oranında *Xipinema* spp., % 23 oranında *Hoplalaimus* spp. ve % 8 oranında *Longidorus* spp. belirlenmiştir. İki örnekte ise *Paratylenchus* spp.'ye rastlanmıştır. Bitki paraziti nematodların popülasyon düzeylerinin ekonomik zarar seviyelerine ulaştığı bildirilmiştir (Tylka ve ark., 2011).

Türkiye’de 2003-2005 yılları arasında Şanlıurfa İlinde mısır yetiştirme alanlarında *Pratylenchus penetrans* tespit edilmiştir (Yıldız ve Elekçioğlu, 2011). Takiben, 2014-2015 yıllarında Tokat Niksar ilçesinde yapılan araştırmada mısır üretim alanlarında en yaygın bitki paraziti nematod türünün *Merlinius brevidens* olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *Helicotylencus digonicus*, *H. pseudodigonicus*, *Pratylenchus penetrans* ve *P. zae* türleri bulunmuştur (Kepenekçi ve ark., 2018). Çankale ilinde mısır yetiştirme alanlarında 2021-2022 yılında gerçekleştirilen çalışmada ise, yaygın olarak *Tylenchus* türlerinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Merlinius*, *Dorylaimus*, *Tylenchorhynchus*, *Paratylenchus* ve *Longidorus* türleri elde edilmiştir (Yıldız ve Gözel, 2022). Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, Karadeniz Bölgesinde mısır yetiştirme alanlarında ekonomik zarar oranı yüksek olan kök yara nematodlarının % 51.3 oranında dağılım gösterdiği ve *Pratylenchus agilis*, *P. mediterraneus*, *P. neglectus*, *P. penetrans*, *P. thornei*, ve *P. vulnus* türlerini içerdiği tespit edilmiştir (Yiğit ve Akyazı, 2024). Ordu İli’nde mısır yetiştirilen iki tarlada kök ur nematodlarının 100 cm³ toprakta 462 J2, kök yara nematodlarının ise 63 adet nematoda kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir (Yiğit ve Akyazı, 2018).

Türkiye’de mısır üretim miktarının, tüketim ve kullanım alanlarına göre yeterlilik oranının ortalama % 80 olduğu bildirilmektedir (Yeşilayer ve Gözener, 2022). Türkiye’de mısır üretiminin ihtiyacı karşılar seviyeye getirilebilmesi için üretim planlamalarına ilave olarak en uygun verim alınmasını sağlayacak yetiştiricilik uygulamalarının gerçekleştirilmesi ve biyotik stres etmenlerinin kontrol altında tutulması elzemdir. Toprakta bitki paraziti nematodlarının enfekte olduğu arazilerde ekonomik olarak mısır üretiminin sürdürülebilirliğinin sağlanması için bitki paraziti nematod popülasyonlarının takip edilerek uygun mücadele yöntemleri ile popülasyon yönetiminin sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen kimyasal uygulamalarının mısırdaki % 28-42 oranında verim artışına neden olduğu tespit

edilmiştir (Mc Donald ve ark., 2017). Her ne kadar ekonomik getirisi yüksek olan mısır yetiştiriciliğinde bitki paraziti nematodlar ile mücadele amacıyla sentetik kimyasalların kullanımının mümkün olmasına karşılık, çevreye verilen zararın azaltılması için doğal kaynaklı kimyasalların kullanılmasına yönelik mücadele stratejilerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bitkilerin sekonder metabolizmaları ile ürettikleri kimyasal bileşiklerden bitki koruma amacıyla yararlanılmasının pratikte uygulanabilirliği bulunmaktadır. Uygulama yöntemleri arasında, köklerinden salgıladıkları antagonistik bileşikler ile toprak ortamında bitki paraziti nematod popülasyonlarının azaltılması için, konukçu olmayan bu bitki türleri ile rotasyon uygulaması ve bitki hücrelerinin toprak içinde parçalanması ile ortaya çıkan toksik bileşikler sayesinde, başlangıç bitki paraziti nematod popülasyonun düşürülmesi için yeşil gübreleme uygulaması tarla koşullarında uygulanabilir ve pratik uygulamalardır. Yeşil gübre uygulamalarının bitki paraziti nematodlara karşı etkili bir şekilde kullanılabileceğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır (Kruger ve ark., 2013; Waisen ve ark., 2020).

Brassicaceae familyasındaki bitkiler, hücrelerinde bulunan glukosinolat bileşikleri ile bitki paraziti nematodların mücadelesi için yüksek bir potansiyele sahiptir (Mennan ve Katı, 2010; Kaşkavalı ve Duran Akkurt, 2012). Toprak üstü aksamında yüksek oranda glikosinolat içeriğine sahip olması ve yüksek bitkisel aksam oluşturması nedeniyle kahverengi hardal ideal bir yeşil gübre bitkisidir. Uzun yıllar gerçekleştirilen ıslah çalışmaları sonucu geliştirilen çok sayıda çeşidi bulunmaktadır (Lazzeri ve ark., 2013). *Brassica juncea*'nın FARMİ-ISCI20 ve FARMİ-ISCI99 çeşitleri Türkiye' de 2015 yılında yeşil gübre olarak tescil edilmiştir (Anonim, 2024). Konya ve Karaman bölgesinde ekilişi yaygın olan mısır bitkisinde kahverengi hardal bitkisi ile yeşil gübre uygulamasının bitki paraziti nematod popülasyonları üzerindeki etkisini belirlemek için gerçekleştirilmiş çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada mısır yetiştiriciliğinde yeşil gübre bitkisi olarak kahverengi hardal bitkisinin etkinliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneme Alanı ve Deseni

Deneme, Karaman İli' nin Sarıveliler İlçe' sine bağlı Koçaşlı Köyü' nde (Enlem: 36.5499, Boylam: 32.6347 Yükseklik: 1200 m) Eylül 2023-Ağustos 2024 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Denemede yeşil gübre uygulaması ve negatif kontrol olarak nadas uygulaması olmak üzere iki uygulama bulunmaktadır. Deneme, 4 tekerrürlü olarak her bir tekerrür bir blok olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur.

2.2. Yeşil Gübre Uygulamaları ve Biyomas Ölçümü

Deneme alanı 100 m² den oluşan iki eşit parçaya bölünmüştür. Alanın birinci kısmı sonbaharda sürülerek çıplak nadas olarak bırakılmıştır. Diğer yarısına kışlık olarak Eylül ayında kahverengi hardal bitkisinin (*Brassica juncea* L.) ISCI99 çeşidi (FarmiTurkey, İzmir) dekara 1 kg tohum 40 kg Amonyum Sülfat gübresi ile karıştırılarak serpmeye ekim şeklinde ekimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2024).

Kahverengi hardal bitkisi 2024 Mart ayının sonunda çiçeklenme aşamasında çapa makinesi ile toprağa karıştırılmıştır. Karıştırmadan önce ekili alan 25 m² lik 4 eşit parsel olarak ayrılarak, her bir parselden parseli temsilen 1m² (1x1m) alandaki taze ot ağırlığı tartılarak parselde toprağa karıştırılan yeşil gübre biyomas miktarı belirlenmiştir.

2.3. Mısır Yetiştiriciliği ve Verimi

Yeşil gübre bitkisi toprağa karıştırıldıktan 20 gün sonra, karıştırılan ve nadasa bırakılan alanın tamamına mısır ekimi yapılmıştır. Denemede, yemlik danelik bir mısır çeşidi olan LG30.500 (Limagrain, Konya) tohumlarının ekimi sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15 cm olarak her parselde 17 sıra olacak şekilde elle ekim şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Mısır yetiştiriciliğinde haftalık olarak yaklaşık 3 saat salma sulama yöntemi ile sulama yapılmıştır, Yabancı ot kontrolü için bitkilerin boyu 12-15 cm ulaştığında ve 25-30 cm ulaştığında 2 defa elle çapalama yöntemi ile yabancı ot kontrolü ve boğaz doldurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mısır

hasadının olgunlaşma döneminde domuzlar tarafından zarar verilmemesi için yaklaşık 1 ay boyunca arazide açık radyo bırakılmıştır.

Mısır ekimi 21 Nisan 2024 tarihinde gerçekleştirilmiş ve 11 Ağustos 2024 tarihinde hasat olgunluğuna geldiğinde hasat edilmiştir.

Mısır hasadından hemen önce yemlik mısır verim kriterleri olarak, her parselden seçilmiş olan 20 bitkide bitki boyu ve taze bitki ağırlığı belirlenmiştir. Ölçüm yapılan bitkilerden birer tane koçan seçilerek koçan boyu belirlenmiştir. Bu koçanlar kurutularak koçandaki dane ağırlığı ölçülmüştür (Topaloğlu ve Soyly, 2019).

2.4. Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Meteoroloji genel müdürlüğünden deneme süresine karşılık gelen aylara ait 20 cm derinlikte toprak sıcaklığı verileri temin edilmiştir.

2.5. Toprak Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Yeşil gübre toprağa karıştırıldıktan sonra mısır ekiminden hemen sonra mayıs ayının başında bütün parsellerden toprak alınarak toprak verimlilik analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprak verimlilik kriterleri açısından uygulamalar arasında farklılık oluşup oluşmadığı ve nematod popülasyonları ile ilişkisi araştırılmıştır.

Toprakların pH, EC, kum, kil, mil, organik madde, azot, demir, çinko, kalsiyum karbonat (kireç), kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, bakır ve mangan içerikleri analiz edilmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) ve toplam tuz (EC) analizleri saturasyon çamurunda potansiyometrik yöntem ile Richards (1954) ve Tüzüner (1990)' e göre yapılmıştır. Kum, kil ve mil yüzde bileşiminin belirlenmesi için bünye analizi su ile doygunluk yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Richards, 1954; Tüzüner, 1990). Toprak örneklerinin organik madde içeriği Walkley-Black yöntemine, fosfor ve potasyum içeriği sırasıyla amonyum asetat ve Bouyoucus Hidrometre yöntemlerine göre, kireç içeriği ise kalsimetrik yöntemle analiz edilmiştir (Bray, 1945; Çağlar, 1949; Olsen, 1954; Richards, 1954; Kurtz, 1963; Tüzüner, 1990). Örneklerdeki kalsiyum ve magnezyum iyonları EDTA titrasyon veya direk okuma yöntemine göre (Richards, 1954), alınabilir mikro elementler; demir, bakır, çinko ve

mangan içeriği de DTPA iel ekstraksiyon yöntemiyle (Lindsay ve Norwell, 1978) belirlenmiştir.

2. 6. Bitki Paraziti Nematodların Popülasyon Takibi

Deneme alanına yeşil gübre bitkisinin ekimi yapılmadan önce bütün parsellerden toprak örneği alınmıştır. Nisan 2024’ de yeşil gübre bitkisi toprağa karıştırılmadan önce ikinci örnekleme gerçekleştirilmiştir. Yeşil gübrenin karıştırılmasından sonra mısır ekiminden hemen sonra başlanarak hasadına kadar Mayıs, Haziran ve Temmuz 2024’ de aylık olarak toprak örnekleri alınmıştır.

Toprak örnekleme her parselden parseli temsilen 20 noktadan, bitki köklerinin etrafından 2,5 cm çapında burgu aleti ile 0-30 cm toprak derinliğinden gerçekleştirilmiştir.

Örnekler birleştirilerek her örnekleme zamanında her parselden bir adet paçal örnek oluşturulmuştur. Örnekler laboratuvara iletilene kadar 4 °C de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Bitki ve toprak örneklerinden nematodlar “Modifiye Baermann Huni Tekniği” (Hooper, 1986) kullanılarak ayrılmıştır. Toprak örneklerinden 100 gram taze toprak tartılarak perti kabına yerleştirilmiş ve nematodların suya geçişi sağlanmıştır. Toprak örnekleri nematodların suya geçmesi için petri kabında 2 gece bekletilmiştir. Her bir toprak örneğinden 10 g toprak, 90 °C’ de 2 gece bekletilerek kurutulmuştur ve kuru ağırlıkları tartılarak % nem içeriği hesaplanmıştır. Her bir toprak örneğindeki nematod sayısı 100 g kuru topraktaki nematod sayısı olarak ifade edilmiştir. Toprak örneklerinde elde edilen nematodlar bitki paraziti, fungivor, bakterivor ve omnivor beslenme gruplarına ayrılarak cins düzeyinde teşhis edilmiştir. Parsellerdeki toprak örneklerinden elde edilen nematod popülasyonlarının toprak verimliliği ile ilişkileri ve yeşil gübre uygulamalarının etkileri bakımından değerlendirilmiştir.

2.7. İstatistiksel Analiz

Toprak verimlilik parametrelerinde, yeşil gübre uygulamaları arasında önemli farklılık bulunup bulunmadığı ANOVA ve student t testi ile araştırılmıştır.

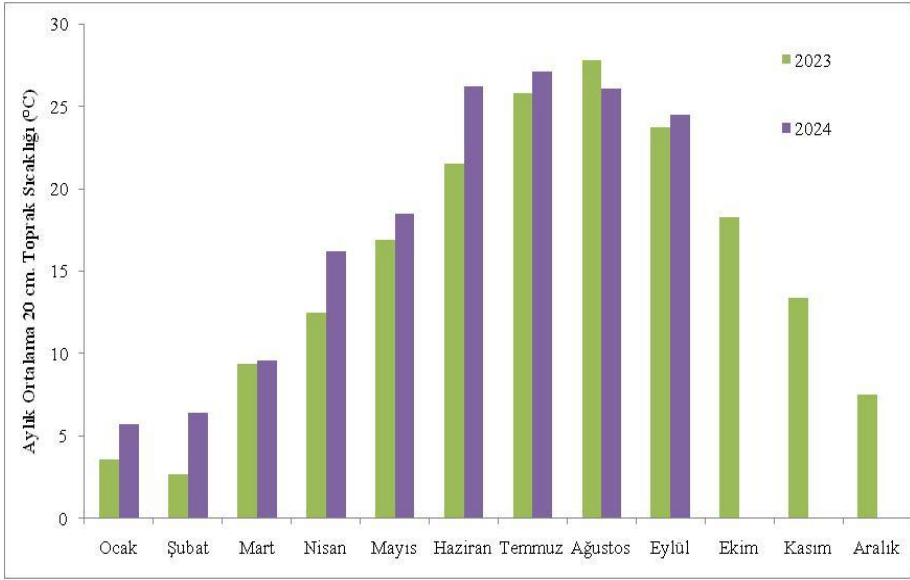
Nematod popülasyonu verilerine normal dağılımı sağlaması için LN $(x+1)$ transformasyonu uygulanmıştır. Deneme parsellerinde tespit edilen bitki paraziti, fungivor, bakterivor ve omnivor nematodların toplam sayıları ile ekonomik önemi olan bitki paraziti nematod türleri *Ditylenchus* spp. ve *Pratylenchus* spp.' un populasyon değişimine yeşil gübre uygulamalarının ve örnekleme zamanının etkisi ANOVA ile ortaya konmuştur. İstatistiksel olarak önemli farklılıklar TUKEY HSD testi ile belirlenmiştir. Bulgular, uygulamalarda ve örnekleme tarihlerindeki ortalama nematod sayıları olarak sunulmuştur.

Mısır verim özellikleri olarak incelenen bitki boyu, bitki ağırlığı, koçan boyu ve koçan dane ağırlığı bakımından yeşil gübre uygulamaları arasında istatistiksel olarak farklılıkların bulunup bulunmadığı ANOVA ve student t testi ile araştırılmıştır. İstatistiksel analizler JMP 16.0 Pro yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (JMP, 2024).

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Toprak sıcaklığı (20 cm derinlikte)

Denemenin gerçekleştirildiği Eylül 2023- Ağustos 2024 tarihleri arasında 20 cm derinlikte toprak sıcaklığı verileri Karaman Meteoroloji İl Müdürlüğünden elde edilmiş ve şekil 1' de sunulmuştur. Denemede yeşil gübre bitkilerinin ekim döneminde Eylül 2023'de toprak sıcaklığı ortalama 23,7 °C olarak belirlenmiştir. Yeşil gübre bitkilerinin toprağa karıştırıldığı Mart sonuna kadar sıcaklıklar en düşük Ocak ayında 5,7 °C olarak kayıt edilmiştir. Mart ayında ise ortalama 9,6 °C' ye çıkmıştır. Mısır yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği Nisan-Ağustos 2024 tarihleri arasında 20 cm derinlikte toprak sıcaklığı 16,2-26,1 °C arasında değişmiştir.



Şekil 1. Denemenin gerçekleştirildiği 2023 ve 2024 yıllarında Karaman İli'nde 20 cm derinlikte aylık ortalama toprak sıcaklıkları (Karaman İl Meteoroloji Müdürlüğü).

3.2. Yeşil Gübre Biyoması ve Toprak Verimlilik Özellikleri

Yeşil gübre uygulamasında 25 m² parsel toprağına ortalama 50 kg kahverengi hardal yeşil aksamı karıştırılmıştır. Yeşil gübrenin toprağına karıştırılmasından 20 gün sonra, mısır ekimi zamanında gerçekleştirilen toprak örneklemesinde uygulamalardaki parsellerin bazı toprak fizikokimyasal özellikleri tablo 1' de sunulmuştur. Mısır ekimi öncesi yeşil gübre uygulanan parseller ile nadas uygulamasının yapıldığı negatif kontrol parselleri arasında incelenen özellikler bakımından fosfor içeriğı yeşil gübre parsellerinde önemli oranda yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Negatif kontrol parsellerinde toprak fosfor içeriğı 14,4 ppm iken, yeşil gübre parsellerinde 19,0 ppm olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte, yeşil gübre uygulanan parsellerde organik madde (negatif kontrol: %3,5, yeşil gübre: %3,7), potasyum (negatif kontrol: 74,3 ppm, yeşil gübre: 80,2 ppm), magnezyum (negatif kontrol: 2,2 me/100 g, yeşil gübre: 3,2 me/100 g), kireç içeriğinin (negatif kontrol: % 4,7, yeşil gübre: % 5,3) ve EC değeri (negatif kontrol: 0,5 mhos/cm, yeşil gübre: 0,7 mhos/cm) de daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Yeşil gübre bitkilerinin toprağa karıştırılmasından 20 gün sonra uygulamalarda toprağın fizikokimyasal özellikleri (veriler ortalama $\pm$ standart hata şeklindedir).

Uygulamalar	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (mh/cm)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	Fosfor (ppm)	Potasyum (ppm)	Magnezyum (me/100 g)	Kalsiyum (me/100 g)	Bakır (ppm)	Demir (ppm)	Mangan (ppm)	Çinko (ppm)
Negatif kontrol	32,8 $\pm 0,8$	35,8 $\pm 1,8$	31,3 $\pm 1,1$	7,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,8	3,5 $\pm$ 0,1	14,4 $\pm$ 0,9	74,3 $\pm 2,0$	2,2 $\pm$ 0,3	11,0 $\pm 1,6$	1,5 $\pm$ 0,1	4,1 $\pm$ 0,7	16,4 $\pm 0,8$	1,7 $\pm$ 0,2
Yeşil gübre	32,4 $\pm 0,6$	35,5 $\pm 1,4$	32,0 $\pm 0,9$	7,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	5,3 $\pm$ 0,6	3,7 $\pm$ 0,5	19,0 $\pm$ 1,0*	80,2 $\pm 6,1$	3,2 $\pm$ 0,4	8,7 $\pm$ 0,8	1,3 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,4	14,8 $\pm 1,1$	1,1 $\pm$ 0,2

*Sütün içerisinde istatistiksel olarak yüksektir.

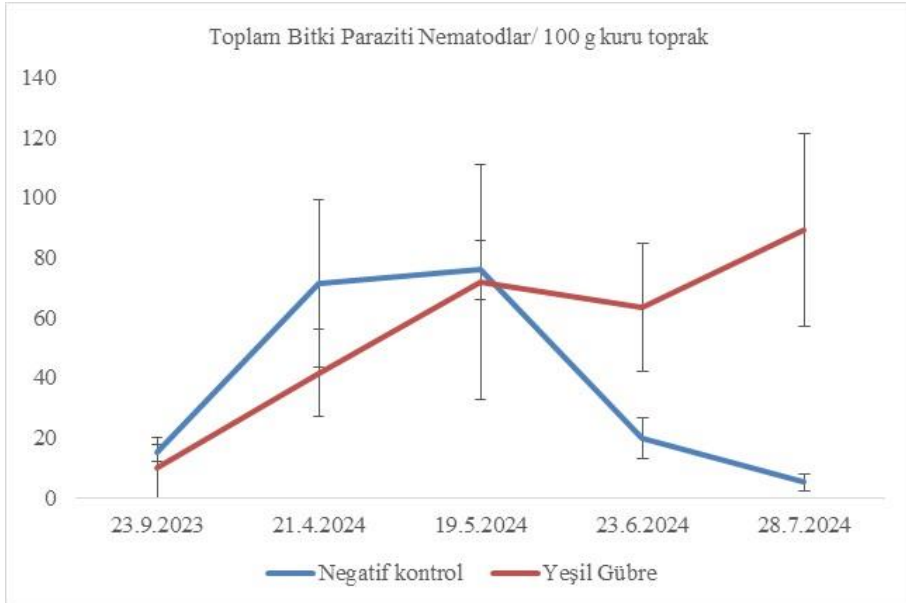
3.3. Nematod Popülasyon Değişimi

Deneme arazisinde gerçekleştirilen toprak örneklemelerinde bitki paraziti nematodlardan beş cins nematodun bulunduğu tespit edilmiştir. Deneme alanında bulunma sıklığı ve popülasyon yoğunluğu en fazla olan cinsler *Ditylenchus* spp. ve *Pratylenchus* spp.' dir. Her iki nematoda da alınan örneklerin % 75' inde rastlanmıştır. Bitki paraziti nematodların toplam popülasyon yoğunluğunu büyük oranda bu nematod türleri oluşturmuştur. *Ditylenchus* spp.' nin popülasyon yoğunluğu deneme süresince negatif kontrol parsellerinde 5,1-74 nematod/ 100 g kuru toprak yoğunluğunda değişmiştir. Yeşil gübre parsellerinde ise 7,5-89,1 nematod/ 100 g kuru toprak arasında değişmiştir. Nematodun popülasyon yoğunlukları yeşil gübre uygulamaları arasında farklılık arz etmezken örnekleme zamanlarında önemli olarak değişim göstermiştir. Kök yara nematodu *Pratylenchus* spp. denemede Nisan 2024' de en yüksek popülasyon düzeyinde yeşil gübre ve negatif kontrol parsellerinde sırasıyla 12,1 ve 7,0 nematod/ 100 g kuru toprak olarak tespit edilmiştir. Nematodun popülasyon düzeyi uygulamalar arasında önemli farklılık göstermezken örnekleme tarihleri arasında farklılık arz etmiştir.

Deneme alanında belirlenen diğer bitki paraziti nematod türleri *Merlinius* spp., *Helicotylenchus* spp. ve *Paratylenchus* spp.' dir. Bu nematodların alınan tüm

örneklerde bulunma sıklıkları sırasıyla % 20, 15 ve 5 olarak belirlenmiştir. Popülasyon düzeyleri parselerde 0-16,5 nematod/ 100 g kuru toprak arasında değişmiştir.

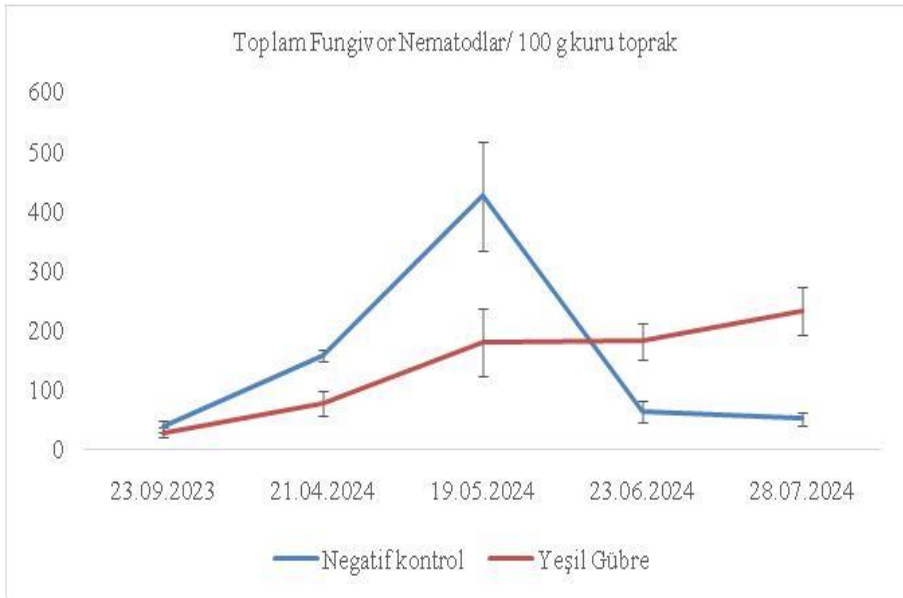
Bitki paraziti nematodların toplam popülasyon yoğunluğu 5,1-89,1 nematod/ 100 g kuru toprak arasındadır. Toplam bitki paraziti nematod popülasyonları yeşil gübre uygulamaları arasında önemli farklılık göstermemiştir. Negatif kontrol uygulamasında örnekleme zamanlarındaki popülasyon sayıları farklılık göstermiştir. Örnekleme zamanı ve uygulama interaksiyonlarında önemli farklılık son örnekleme zamanında oluşmuştur. Negatif kontrol uygulamasında bitki paraziti nematod popülasyonu nisan ve mayıs ayında yüksek seyir etmiş (ortalama: 71,3 ve 75,8 nematod/ 100 g kuru toprak) daha sonra düşüş göstermiştir. Yeşil gübre uygulamasında ise mayıs ayında negatif kontroldeki nematod popülasyonu seviyesine ulaşmış ve haziran ve temmuz aylarında nematod popülasyonu yüksek seyir etmiştir (Mayıs, Haziran Temmuz Ortalama: 71,8, 63,4 ve 89,1 nematod/ 100 g kuru toprak). (Şekil 2).



Şekil 2. Denemenin süresince negatif kontrol ve yeşil gübre uygulamalarında 100 g kuru topraktan elde edilen bitki paraziti nematodların toplam popülasyon yoğunlukları.

Deneme alanında üç fungivor nematode cinsi tespit edilmiştir. *Aphelencoides* spp. en yaygın ve yoğun bulunan fungivor nematod cinsidir. Gerçekleştirilen örneklemeilerin % 92,5' inde tespit edilmiştir. Popülasyon düzeyi

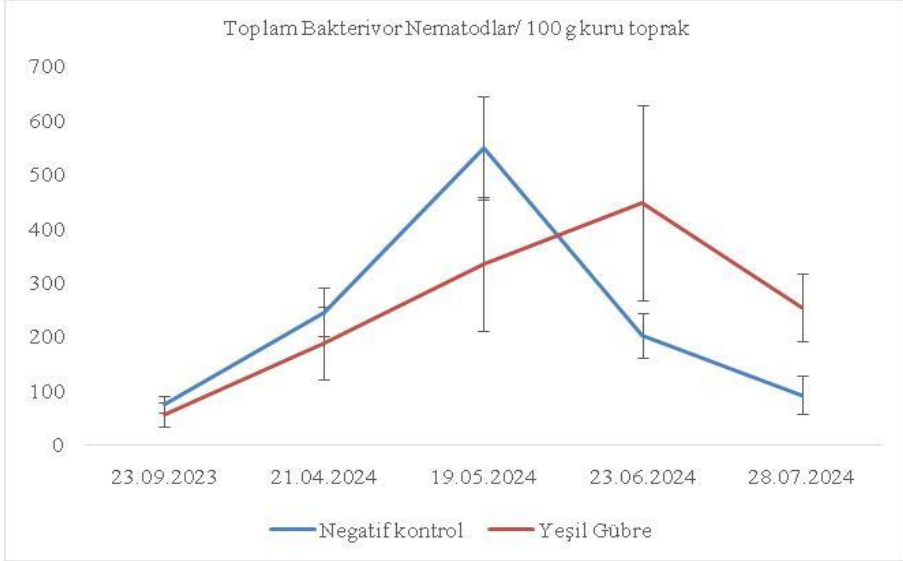
örnekleme tarihlerinde 0-390,7 nematod/ 100 g kuru toprak arasında değişmiştir. Diğer fungivor nematod cinsleri *Aphelenchus* spp. ve *Tylenchus* spp. sırasıyla gerçekleştirilen örneklemlerin % 85 ve % 57,5' inde elde edilmiştir. Popülasyon düzeyleri ise sırasıyla 0-215,9 ve 0-94,1 nematod/ 100 g toprak arasında değişmiştir. Fungivor nematodların sayısı yeril gübre uygulamaları arasında önemli farklılık göstermezken örnekleme zamanları ve uygulama ve örnekleme zamanı interaksiyonlarında önemli farklılık göstermiştir. Fungivor nematodların toplam popülasyon düzeyi 425,2 nematod/ 100 g kuru toprak olarak Mayıs ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Denemenin süresince negatif kontrol ve yeşil gübre uygulamalarında 100 g kuru topraktan elde edilen fungivor nematodların toplam popülasyon yoğunlukları.

Deneme alanında *Cephalobus* spp. (% 85), *Acrobeloides* spp. (% 85), *Eucephalobus* spp. (% 82,5), *Rhabditus* spp. (% 37,5), *Panagrolaimus* spp. (% 35), *Monhystera* spp. (% 30), *Wilsonema* spp. (% 22,5) ve *Acrobeles* spp. (% 2,5) olmak üzere sekiz cins bakterivor nematod tespit edilmiştir. Bakterivor nematodların toplam popülasyonu örnekleme tarihlerinde uygulamalarda 55,2-549,2 nematod/ 100 g kuru toprak arasında değişim göstermiştir. Negatif kontrol ve yeşil gübre uygulamalarında elde edilen bakterivor nematod popülasyonları arasında önemli farklılık bulunmamıştır. Ancak nematod sayıları örnekleme tarihlerinde önemli oranda değişim göstermiştir (Şekil 4).

Deneme alanında Dorilaimida takımında yer alan omnivor nematodlar % 95 oranında, 0-178,5 nematod/ 100 g kuru toprak popülasyon düzeyinde tespit edilmiştir.



Şekil 4. Denemenin süresince negatif kontrol ve yeşil gübre uygulamalarında 100 g kuru topraktan elde edilen bakterivor nematodların toplam popülasyon yoğunlukları.

3.4. Mısır Verimi

Yemlik mısır verim özelliklerinden bitki boyu, koçan boyu ve koçan dane ağırlığı yeşil gübre uygulanan parsellerde negatif kontrol parsellerine göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Bitki boyu yeşil gübre parsellerinde 227,3 cm olarak belirlenirken, negatif kontrol parsellerinde 156,2 cm olarak kayıt edilmiştir. Koçan boyu yeşil gübre parsellerinde ortalama 147,7 mm, negatif kontrol parsellerinde 121,4 mm' dir. Koçan başına dane ağırlığı da yeşil gübre parsellerinde ortalama 93,3 g, negatif kontrol parsellerinde ise 50,5 g olarak belirlenmiştir. Bitki ağırlığı yeşil gübre ve negatif kontrol uygulamasında sırası ile 380 ve 389,1 g olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Yeşil gübre ve negatif kontrol parsellerinde mısır bitkisinin bazı verim özellikleri (veriler ortalama±standart hata şeklindedir).

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Bitki ağırlığı (g)	Koçan Boyu (mm)	Koçan Ağırlığı (g)	Dane
Nadas	156,2±3,6	380±0,01	121,4±1,6	50,5±2,4	
Yeşil Gübre	227,3±3,6*	389,1±0,01	147,7±1,6*	93,3±2,4*	

*Sütun içerisinde istatistiksel olarak yüksektir.

Mısır yetiştiriciliğinde en uygun verimin alınabilmesi için yeşil gübre uygulaması gübreleme açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Yeşil gübre bitkilerinin kültür bitkilerinin gelişimi üzerine olumlu etkileri Özel (2022) tarafından ortaya konmuştur. Kahverengi hardal bitkisinin de yeşil gübre olarak Türkiye’ de tarla koşullarında domates verimini olumlu şekilde etkilediği gösterilmiştir (Fıçııcı, 2018). Bizim çalışmamızda da yeşil gübre uygulama parsellerinde toprak fosfor içeriğinin önemli oranda olmak üzere, EC, kireç, organik madde, potasyum ve magnezyum içeriği gibi diğer toprak verimlilik özelliklerinin de önemli olmayan oranda artış gösterdiği görülmüştür. Ayrıca denemede yetiştirilen yemlik mısır çeşidinde verim kriterlerinin yeşil gübre uygulaması ile önemli oranda artış gösterdiği açıkça görülmüştür.

Yeşil gübreleme sadece bitki besleme etkisi ile değil, toprağın fiziksel özelliklerini de düzelterek bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Gelişimi sağlıklı olan bitkinin hastalık ve zararlı etmenlerine karşı dayanımı da artmaktadır. Yeşil gübreleme salgılanan toksik bileşikler ile bitki sağlığına direk etkisi yanında toprak yapısını düzelterek dolaylı katkı da sağlamaktadır. Ancak Türkiye’ de yeşil gübre uygulamalarının toprak kökenli hastalık etmenlerinin ve bitki paraziti nematodların üzerine etkisini araştıran çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yavuzaslanoglu ve ark. (2021) yeşil gübre uygulamalarının in vitro olarak *Ditylenchus dipsaci* üzerine etkisini ortaya koymuştur. Kum ortamında bulunan nematodların üzerinde yeşil gübre olarak karıştırılan bitki türlerinin yüksek etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada da Konya ve Karaman bölgesinde ekilişi yaygın olan mısır yetiştiriciliğinde, ön uygulama olarak kahverengi hardal bitkisinin toprakta enfekte olarak bulunan bitki paraziti nematodların başlangıç

popülasyonlarının düşüşünü sağladığı görülmüştür. Bitki paraziti nematodların kültür bitkilerinde meydana getirdikleri verim kaybının büyük oranda başlangıç popülasyonuna bağlı olduğu bildirilmektedir (Seinhorst, 1956). Bu nedenle bitki paraziti nematodlarla mücadelede başlangıç popülasyonunun düşürülmesine yönelik stratejiler öne çıkmaktadır. Dolayısıyla biyofumigant özelliğe sahip bitki türleri ile yeşil gübreleme bitki paraziti nematod popülasyonlarının ekonomik zarar eşiğinin altında tutulması için kullanılacak entegre mücadele stratejilerinde önemli bir uygulama olduğu gösterilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada tespit edilen bütün bitki paraziti nematod türlerinin, Dünyada ve Türkiye’ de mısır yetiştirme alanlarında önceden gerçekleştirilen çalışmalarda da bulunduğu bildirilmiştir. Kök yara nematodu *Pratylenchus* spp. bütün çalışmalarda tespit edilen ekonomik ürün kayıplarına neden olan önemli bir türdür. Yiğit ve Akyazı (2018) Ordu İli’ nde mısır yetiştirme alanında nematod popülasyonun 100 cm³ toprakta 63 adete kadar yükseldiğini belirtmiştir. Gerçekleştirilen denemede ise popülasyon yoğunluğunun daha düşük olduğu belirlenmiştir. *Pratylenchus* türlerine mısır bitkisinin konukçuluk durumunun, nematodun mısır bitkisinde ekonomik zarar eşiğinin ve meydana getirdiği verim kaybının belirlenmesi için ilave çalışmaların yapılması faydalı görülmektedir. Deneme alanında popülasyon yoğunluğu en fazla olan bitki paraziti tür *Ditylenhus* spp.’ dir. Yetiştirme alanında bir önceki yetiştirme döneminde *Ditylenchus dipasaci*’ nin ana konukçusu olan soğan bitkisi yetiştirilmiştir. Denemede tespit edilen bitki paraziti nematod cinslerinin tür düzeyinde teşhislerinin gerçekleştirilmesi, ürün risk değerlendirilmesinin yapılabilmesi için çalışmanın bir sonraki yönelimini oluşturmaktadır. Üretim alanında belirlenen diğer bitki paraziti nematod türleri ise düşük yoğunlukta bulunduğu ve ektoparazitik beslenme özellikleri nedeniyle ekonomik olarak risk oluşturmayacakları düşünülmektedir.

4. SONUÇ

Çalışmada, mısır yetiştiriciliğinde biyofumigasyon özelliği bulunan kahverengi hardal bitkisinin, toprak verimliliği, toprak nematod faunası ve ürün verimi üzerindeki etkileri ortaya konmuştur. Kahverengi hardal bitkisinin toprak verimlilik özelliklerini iyileştirdiği ve mısır verimini arttırdığı ortaya konmuştur. Ayrıca kahverengi hardal yeşil gübre uygulamasının, mısır

yetiştiriciliği için bitki paraziti nematodların başlangıç popülasyonlarını düşürdüğü belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında, mısır yetiştiriciliğinde bitki paraziti nematodların sorun oluşturduğu alanlarda gerçekleştirilecek entegre mücadele çalışmalarına, biyofumigasyon özelliğine sahip yeşil gübre bitkileriyle başlangıç nematod popülasyonlarının düşürülmesi stratejilerinin dahil edilmesinin faydalı olacağı önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonim, (2024). Kahverengi hardal, <https://www.farmiturkey.com/kahverengi-hardal> (Erişim Tarihi: 17.11.2024).
- Bray, R. H. and Kurtz, L. T. (1945). Determination of Total, Organic and Available Forms of Phosphorus in Soil. *Soil Science*, 59: 39-45.
- Çağlar, K. Ö. (1949). Toprak Bilgisi. A.Ü.Yayınları. Ankara.
- Daren S. Mueller, Wise, K. A., Sisson, A. J., Allen, t. W., Bergstrom, G. C., Bissonnette, K. M., Bradley, C. A., Byamukama, E., Chilvers, M. I., Collins, A. A., Esker, P. D., Faske, T. R., Friskop, A. J., Hagan, A. K., Heiniger, R. W., A. Hollier, C. A., Isakeit, T., Jackson-Ziems, T. A., Jardine, D. J., Kelly, H. M., Kleczewski, N. M., Koehler, A. M., Koenning, S. R., Malvick, D. K., Mehl, H. L., Meyer, R. F., Paul, P. A., Peltier, A. J., Price, P. P., Robertson, A. E., Roth, G. W., Sikora, E. J., Smith, D. L., Tande, C. A., Telenko, D. E. P., Tenuta, A. U., Thiessen, L. D. and Wiebold, W. J. (2020). Corn Yield Loss Estimates Due to Diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2016 to 2019. *Plant Health Progress*, 21 (4): 238-247.
- FAO, (2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (Erişim Tarihi: 17.11.2024).
- Fıçıcı, G. (2018). Ön Bitki Olarak Yetiştirilen Kahverengi Hardalın (*Brassica juncea* L.) Sanayi Domatesi Üretiminde Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Hooper, D. J. (1986). Extraction of Free Living Stages from Soil. In: Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes. Editör: Southey, J. F. Her Majesty's Stationery Office. London, UK.
- JMP, (2024). https://www.jmp.com/en_us/home.html (Erişim Tarihi: 17.11.2024).
- Kaşkavalcı, G. ve Duran Akkurt, H., (2012). Organik domates tarımında Kökür nematodları (*Meloidogyne* spp.)'na karşı savaşta bazı yöntemlerin birlikte kullanım etkinlikleri, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (3): 413-422.
- Kepenekci, İ., Keleş, G. and Çalışkan, S. (2018). Plant Parasitic Nematodes (Nematoda) of Maize (*Zea mays* L.) Planting Area in Tokat (Turkey). *6th ASM International Congress of Agriculture and Environment*, 265-272.
- Koenning, S. R., Overstreet, C., Noling, J. V., Donald, P. A., Becker, J. O. and Fortnum, B. A. (1999). Survey of Crop Losses in Response to Phytoparasitic Nematodes in the United States for 1994. *Supplement to the Journal of Nematology*, 31(4S): 587-618.
- Kruger, D. H. M., Fourie, J. C. and Malan, A. P. (2013). Cover crops with biofumigation properties for the suppression of plant parasitic

- nematodes: A review. South African Journal for Enology and Viticulture, 34 (2): 287-295.
- Kumar, P., Singh, R., Suby, S. B., Kaur, J., Sekhar, J. C. and Soujanya, P. L. (2018). An overview of crop loss assessment in maize. Maize Journal, 7 (2): 56-63.
- Kurtz, L. T. and Arnold, C. Y. (1963). A Modified Procedure For the Determination of Phosphorus in Soil Extract. Soil Science, 27: 360-361.
- Lazzeri, L., Malaguti, L., Cinti, S., Ugolini, L., De Nicola, G.R., Bagatta, M., Casadei, N., D'Avino, L., Matteo, R. and Patalano, G. (2013). The Brassicaceae biofumigation system for plant cultivation and defence. An Italian twenty-year experience of study and application. Acta Horticulturae. 1005: 375-382, DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1005.44
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
- Ma, Z., Wang, W., Chen, X., Gehman, K., Yang, H. and Yang, Y. (2024). Prediction of the global occurrence of maize diseases and estimation of yield loss under climate change. Pest Management Science, 80: 5759-5770. <https://doi.org/10.1002/ps.8309>
- Mc Donald, A. H., De Waele, D. and Fourie, H. (2017). Nematode Pests of Maize and Other Cereal Crops, In: Fourie, H. et al. (eds.), Nematology in South Africa: A View from the 21st Century, Springer International Publishing Switzerland, 183, DOI 10.1007/978-3-319-44210-5_8
- Mennan, S. ve Katı, T. (2010). Bitki Paraziti Nematodlar İle Mücadelede Biofumigasyon, Anadolu Tarım Bilim Dergisi, 25 (2): 120-134.
- Oerke E. C. (2006). Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science. 144 (1): 31-43. doi:10.1017/S0021859605005708
- Olsen, S. R., Cole, V. Watanabe, F. S. and Dean, L. A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S.D.A.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. Dep. Agr. Handbook. U. S.
- Seinhorst, J. W. (1956). Population studies on stem eelworm *Ditylenchus dipsaci*. Nematologica, 1: 159-164.
- Şahin, S. (2001). Türkiye' de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı ve Mısır Üretimi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21 (1): 73-90.
- Tanin, A., Engindeniz, S., Öztürk, G., Quliyeva, L. (2025). Analysis of Factors Affecting Farmers' Satisfaction With Agricultural Activities and Maize Production: A Case Study in Türkiye. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 25(1): 893-905.

- Topaloğlu, G. ve Soylu, S. (2019). Farklı Ekolojik Şartlarda Danelik ve Silajlık Mısır Çeşitlerinin Dane ve Silaj Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (1): 73-80.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*-Ankara.
- Tylka, G. L., Sisson, A. J., Jesse, L. C., Kennicker, J. and Maret, C. C. (2011). Testing for Plant-parasitic Nematodes that Feed on Corn in Iowa 2000-2010. *Plant Health Progress*, 12 (1), <https://doi.org/10.1094/PHP-2011-1205-01-RS>.
- Waisen, P., Cheng, Z., Sipes, B. S., DeFrank, J., Marahatta, S. P., and Wang, K. H. (2020). Effects of biofumigant crop termination methods on suppression of plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 154: 103595.
- Yavuzaslanoglu E, Aksay G. ve Çetinkaya A. (2021). In vitro effectiveness of some plant species as green manure for the control of stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *Anatolian Journal of Botany*, 5(1): 32-36.
- Yeşilayer, A., Gözener, B. and Yıdızbakan, R. (2022). Mersin İli Tarsus İlçesinde Mısır Üretiminde Görülen Bitki Koruma Sorunlarının Belirlenmesi. *Gazi Osman Paşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11 (2): 299-310.
- Yıldız, Ş. ve Elekçioğlu, H. İ. (2011). Şanlıurfa ilinde tarımsal ve doğal alanlarda nematod biyoçeşitliliği. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35 (2): 381-394.
- Yıldız, E. ve Gözel, U. (2022). Çanakkale İli Mısır Yetiştiriciliği Yapılan Alanlardaki Bitki Parazit Nematodlarının Türlerinin Belirlenmesi, *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, (3): 763-768.
- Yiğit, U. ve Akyazı, F. (2018). Ordu İli Mısır Yetiştiriciliği Yapılan Alanlardaki Endoparazit Nematodlar Kök-ur Nematodu (*Meloidogyne* spp.) ile Kök Lezyon Nematod (*Pratylenchus* spp.)'lerinin Mevsimsel Populasyon Dalgalanması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (3): 355-363.
- Yigit U. and Akyazi F. (2024). Distribution, morphological and molecular characterization of root-lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) (Tylenchida: Pratylenchidae) in maize (*Zea mays* L.) (Poales: Poaceae) in Türkiye. *Molecular Biology Reports*, 19, 51 (1): 918. doi: 10.1007/s11033-024-09843-5.

BÖLÜM 2

İNSAN YAŞAMINDA BÖCEKLER NEDEN ÖNEMLİ?

Prof. Dr. Ali ÖZPINAR⁵

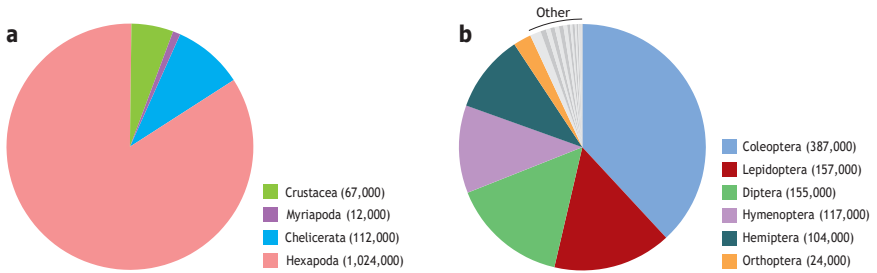
DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493683>

⁵ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Türkiye. aozpinar@comu.edu.tr, orcid id: 0000-0003-4512-8027

1. GİRİŞ

Yerkürede günümüze kadar yaklaşık 2 161 755 canlı türü kaydedilmiştir. Bu canlı türlerin yaklaşık 2/3'nün hayvanlardan oluştuğu tahmin edilmektedir. Hayvanlar alemi içinde en büyük gurubu oluşturan böceklerin tür sayısı ise 1 053 578 adet olarak bildirilmiştir (Anonymous, 2022). Ancak, yeni istatistiksel yöntemler kullanılarak böcek tür sayısının daha da yükselebileceği ve 1.5 milyona ulaşacağı varsayılmaktadır (Stork, 2018).

Hayvanlar aleminde omurgasızlar içinde yer alan böcekler, eklem bacaklılar (Arthropoda) şubesinde ve Hexapoda (Altıbacaklı) sınıfındadır (Önder 2004). Hexapoda içinde en fazla böcek türü 387 000 adet ile Coleoptera takımında yer almaktadır. Bu takımı ise sırasıyla Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera ile Orthoptera takımları izlemektedir (Stork, 2018).



Şekil 1. Arthropoda şubesindeki farklı sınıflarda (a) ve Hexapoda sınıfının önemli takımlarında (b) yer alan böcek tür sayısı (Stork, 2018).

Böcek tür sayısının bu kadar fazla olmasının sebebi; yaklaşık 400 milyon yıl önce, karaya yerleşen en eski hayvanlar olmasına bağlanmaktadır.

Bunun yanında, böcek vücudunun küçük olması, tarihsel süreç içindeki yok oluşlardan diğer hayvanlara göre oransal olarak daha az etkilendikleri varsayılmaktadır.

Ayrıca, böceklerin ekstrem koşullarda (-50°C ile +50°C), karada ve suda yaşayabilmeleri de diğer hayvanlara göre bir üstünlük olarak değerlendirilmektedir (Önder, 2004). Himalaya dağlarında 18.000 fitte yaşayan

taş sinekleri ve dünya yüzeyinin 3.000 fit derinliğindeki mağaralardaki gümüş böcekleri, Yellowstone kaplıcalarının sıcak su havuzlarının kenarlarında yaşayabilen alkali sinekler (*Ephydra hians*) ve buz kütlesi içinde yaşarken, yumurtalarını bir tür antifriz jeliyle kaplayarak düşük sıcaklıklardan kurtulan kanatsız tatarcık böceğinin (*Belgica antarctica*) yaşıyor olması bu durumu teyit etmektedir (Herbst, 1990; Kozeretska1 ve ark., 2022).

Günümüzde yapılan araştırmalarla böcek tür sayısına yenilerinin ilavesi ile mevcut rakamlar günden güne arttırmaktadır. Buna karşın, son yıllarda böcek yaşam alanlarını tehdit eden iklim değişikliği ve tarımdaki uygulamalar, özellikle polinasyonu sağlayan türlerin yok olmasına ve bu durumun böcek tür sayısındaki artış yerine, eksilmelere sebebiyet verdiği, nitekim, 1989'dan 2016'ya kadar Almanya'da korunan alanlarda uçan böcek biyokütlesinin %76 oranında azaldığına işaret edilmiştir (Canales ve Elder, 2020).

Yerkürede optimal yaşam koşullarının sağlandığı ve böcek tür zenginliği ve bolluğunun en yüksek olduğu bölgelerde, böceklerin insanlarla etkileşimi kaçınılmazdır (Saruhan ve Tuncer, 2010). Son yıllarda bilim insanları böceklerin yok olmasıyla neler yitirebileceğimize de dikkat çekmişler. Canales ve Elder, (2020) **“her ne kadar bizi ısırsalar ya da ürkütseler de böcekleri, dünyayı yaşanabilir kılan ekolojik bir çarkın dişlileri olarak”** tarif etmiştir.

Farklı ekolojik nişleri işgal edebilme yeteneğine sahip olan böceklerin, tek bir ağaç üzerinde yüzlercesinin yaşayabildiği, bazı türler, ağacın kabuğunu delerek, diğerleri yapraklarda galeriler açarak ve bir kısmı ise köklerle beslenerek bir topluluk (community) içinde enerji akışını gerçekleştirirler.

Diğer yandan, böcekler sürdürülebilir yaşam için ekosistemde bitkilerin polinasyonuna katkı vererek hem doğal ve hem de tarımsal alanlarda biyolojik çeşitliliğin artmasına olanak sağlar (Özbek, 2008). Polinasyona olan katkısı ile en fazla kabul gören balarısının tek başına yarattığı ekonomik değer ölçülemeyecek düzeydedir. Bombus arısının (*Bombus affinis*) ise günde 3.000 adet çiçeği ziyaret etmesiyle tozlaşmalarına yardımcı olması böcek türlerinin önemini ayrıca ortaya koymaktadır. Çiçekli bitki türlerinin yaklaşık %90'ı ve kültürü yapılan bitki türlerinin ise %75'inin üremesi hayvanların (çoğunlukla böceklerin) tozlaşmasına bağlıdır (Özbek, 2008). Genel olarak, insanların

yediği her üç lokmadan biri üretim sürecinde bitkilerdeki hayvan tozlaşmasına dayanmaktadır.

Diğer taraftan, yüksek üreme potansiyeline sahip olan böcekler besin zincirinde birçok hayvanın gıda kaynağı olarak da önem taşır. Örneğin, bir mavi baştankara kuşu (*Cyanistes caeruleus* L.), tek bir yavruyu beslemek için her gün 100 kadar tırtıla gereksinim duyar. Diğer yandan böceklerin organik besin zincirinin her aşamasında yer alması enerji akışındaki, önemini ortaya koymaktadır. Birçok kuş, yarasa, kurbağa ve balık türü besin zincirinin bir üst halkasındaki avcılar tarafından yenilmeden önce, böceklerle beslenmek zorundadır. Besin zincirinin herhangi bir halkasında böceklerden ileri gelen bir aksama, besin zincirindeki enerji akışını etkiler veya etkilenir.

Ayrıca böcekler, etobur olan bazı bitkilerin de protein ihtiyacını karşılayarak ekosistemde farklı bir şekilde besin zincirinde yer alırlar ve başka bir sistemde enerji akışının bir parçası olurlar.

Diğer taraftan, insan yaşamında yer edinmiş ve ürünlerinden yararlandığımız ipekböceği ve balarısı gibi böcek türlerinin yarattığı ekonomik değer ile insan yaşamında derin izler bırakmıştır.

Bunun yanında insan sağlığını doğrudan veya taşıdıkları hastalıklarla olumsuz etkileyebilen böceklerin varlığı yanında, tarımsal ürünlere zarar vererek ürün kayıplarına neden olan herbivor zararlı böcekler, insanların yeterli gıdaya ulaşmasını engellemektedir. Gıdaya ulaşmadaki dengesizlik bazı durumlarda insanların yeni alanlara göç etmesine sebep olmaktadır.

Yansıra, doğal dengenin korunmasıyla herbivor zararlı böceklerin popülasyon artışını kontrol altında tutan entomophag (etçil) böcekler, yeni zararlıların ortaya çıkmasını engellemektedir. Böcekler insanların doğayla etkileşim içinde olmasını ve doğal yaşamı anlamasına ve korumasına da vesile olmuştur. Böcekler ekosistemlerin sağlıklı işleyişini sürdürebilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Böceklerin çeşitliliği ve ilginç davranışları, insanların doğayla olan bağlarını güçlendirmek ve doğa sevgisi geliştirmede aracı olabilmektedir. Bu amaçla böcekler; insanlar için ekoloji, tarım, tıp, besin güvenliği gibi birçok alanda araştırma ve değerlendirme konusu olmuştur.

Böcekler evrimsel süreçte farklı yaşam stratejileri, beslenme biçimleri ve davranışlarıyla birçok ekolojik nişe uyum sağlamışlardır. Aynı zamanda

ekosistemde flora ve fauna ile etkileşim içinde olan böcekler, toprağı havalandırma ve organik maddeleri ayrıştırma gibi işlevleri de yerine getirmektedir.

Diğer taraftan insanlık tarihi boyunca, böcekler, toplumların kültürlerinde kendilerine yer edinmiş; böylece **alfabelerinde, şarkılarına ve hikayelerine** konu olmuştur (Saruhan ve Tuncer 2010). Eski Mısır Hiyeroglif'lerinde rastlanılan böcek figürleri toplumu yönlendirmede önemli semboller olarak kullanılmıştır. Özellikle güzel görünüşleri nedeniyle kelebekler, mücevher tasarımında, seramik ve tekstil sektöründe ve birçok endüstriyel ürünler için model olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada farklı alanlarda insan yaşamında böceklerin önemi olumlu ve olumsuz örneklerle değerlendirilmiştir.

2. ÜRÜNÜNDEN YARARLANILAN BÖCEKLER

Geçmişten günümüze kadar, böcek ürünleri insanların ilgisini çekmiştir. Nasıl ki, kümes hayvanları, büyük ve küçük baş hayvanlar ürünleri için evcilleştirilmiş ise ipekböceğı (Bombix mori L.) ve balarısı (Apis mellifera) gibi böceklerin de insan eliyle üretimi bu amaçla yapılmış ve halen yapılmaya devam etmektedir.

2.1.İpekböceğı (*Bombyx mori* L.)

İpek böcekçiliğı bir uğraş olarak yaklaşık 4000 yıl önce Çin'de başlamıştır. Uzun yıllar ülke dışına çıkamayan bu üretim zamanla diğer ülkelere de yayılmıştır (Odabaş ve ark., 2020). İpekböceğı üretimi Anadolu'da ise yaklaşık 1500 yıldır yapıla gelmektedir (Anonim, 2016). İpekböcekçiliğı Marmara Bölgesi'nde ve ağırlıklı olarak da Bursa yöresinde gelişmiştir (Yurtoğlu, 2017). Bursa ilinde son yıllarda ipek böcekçiliğinin yeniden canlandırılması için projeler yürürlüğe konulmuş ve özellikle turizme canlandırma çabaları öncelik kazanmıştır.

Üretimde uygun kalite ve sayıda ipek böceğı kozasına sahip olmak için larvalar dut ağacının yapraklarıyla beslenip gelişmektedir. Bu nedenle ipek böceğinin üretimi için mutlaka dut ağacının yetiştirilmesi gerekir.

İpek böceğinin kelebekleri yumurtalarını dut yapraklarına bırakmakta ve yumurtalardan çıkan larvalar yaprak ayasıyla beslenerek 5 gömlek değiştirerek, 26-27 günde gelişmelerini tamamlayarak ağızlarında çıkardıkları ipek bezi salgısıyla pupa dönemini geçirmek için kozayı örler (Şekil 2). Ergin çıkışı gerçekleşmeden önce, kozların bir bölümü, sıcak suya atılarak içindeki pupanın ölmesi sağlanır. Ölen pupalardan ipeksi iplik şeklindeki lifler elde edilir. Bir kozada yaklaşık 1500 metreye kadar, ipek tel çekilir iken, 1 kilo ipek için 10 kilodan fazla kozaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bir kısım koza uygun ortamlarda tutularak ipekböceğinin üretim için gelişmeye bırakılır ve pupalardan kelebek çıkışına izin verilir. Böylece üretimin döngüsü devam eder.

En kaliteli ipek lifi beyaz dut (*Morus alba* L.) yaprakları ile beslenen ipekböceği larvalarından gelişen kozalardan elde edilmektedir (İmer, 2005).



Şekil 2. İpekböceğinin larva ve kozaları (<https://yakegm.ktb.gov.tr/TR-345163/ipek-bocekciligi-ve-dokuma-icin-ipegin-geleneksel-uretimi.html>)

İpekböceğinde elde edilen lifler ağırlıklı olarak dokuma sanayinde ve ameliyat ipliği gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca liflerin parlak görünümü, yumuşak ve dayanıklı olması ekonomik değerini arttırmaktadır. (Yurtoğlu, 2017). İpekböcekleri, ipek üretiminin yanı sıra hemolenf gibi kendine özgü biyolojik sıvılarıyla da bilinmektedir. Hemolenf, böceklerde bağışıklık, besin taşınımı ve atık uzaklaştırma süreçlerinde kritik bir işlev görür. Yüksek protein içeriği sayesinde, tıp ve kozmetik gibi alanlarda kullanım potansiyeli taşıyan ipekböceği hemolenfi üzerine yapılan araştırmalar; antimikrobiyal peptitler, bağışıklıkla ilişkili proteinler ve büyüme faktörlerinin keşfedilmesini sağlamış ve bu bileşenler modern biyoteknoloji uygulamalarına yön vermiştir (Öztürk ve ark., 2024). İpekböceği üretimi insanlık tarihinde derin izler bırakmıştır. Doğu’da (Çin’de) üretilen ipeğin batıya (Avrupa’ya)

satışı, bu isimle anılan “İpekyolu” kullanılarak yapılmıştır (Odabaşı ve ark., 2020). Zamanla ipek yolunda; baharat, süs eşyası ve kâğıt gibi ürünlerin de ticareti yapılmış ve ipek yolu üzerindeki ülkeler stratejik önem kazanmıştır. İlgili dönemde ipek yoluna alternatif arayışlar, yeni coğrafik keşifleri doğurmuş ve yeni denizyolları Batı Avrupa’yı baskın bir ekonomik güç haline getirmiştir.

Ayrıca, “İpekyolu” doğu ve batı uygarlıklarının kültürel gelişmesine ve etkileşimine de katkı vermiştir. Günümüzde ipek yolunun ticari etkisinin yeniden canlandırılması ve toplumların kültürel gelişmelere verdiği katkının önemi esas alınarak Çin Halk Cumhuriyeti’nin önderliğinde Asya, Avrupa ve Afrika’da 65 ülkeyi de içine alan yeni bir ticaret yolunun (Modern İpekyolu Projesi) faaliyete geçirilmesi planlanmıştır. Görüldüğü üzere antik çağda Çin’de ipek böceğinden elde edilen ipeğin yarattığı ekonomik değer yanında “İpekyolu” insanlık tarihinde birçok gelişmeye vesile olmuş ender örneklerden birisidir. İnsanlık tarihinde yarattığı kültürel etki halen günümüzde devam etmektedir.

2.2. Balarısı (*Apis mellifera* L.)

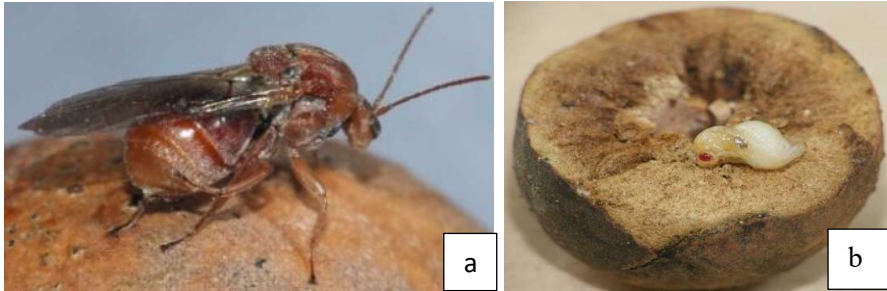
İnsanlar, balarılarının ürünlerinden başta **bal olmak üzere polen, propolis, arı zehiri ve arı sütünden** faydalanırlar.

İnsan gıdası için bal çok değerli bir besin olarak halen ilk sıralarda yer almaktadır. Bunun yanında bal arıları tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerin tozlaşmasına ölçülemeyecek boyutlarda katkı vermektedir. Son yıllarda balarılarının tozlaşma ile sağladıkları ekonomik değer bal üretiminden sağlanan değerden oldukça yüksek olduğu ifade edilmektedir. Bal arılarının doğada kültürü yapılan ve yapılamayan yabani karakterli yaklaşık 130-140 bin dolayında bitki türünün tozlaşmasında etkili olduğu bilinmektedir (Özbek, 2008). Dünya’da farklı bölgelerde üretimi yapılan ve ekonomik değeri, yüksek olan avokado ağacının çiçeklerinden nektar veya nektarlı polen ile sadece polen toplamanın sonucu, çapraz tozlaşmayla kaliteli ve verimi yüksek meyveler elde edildiği, böylece biyoçeşitliliği arttırarak gelecekteki gen kaynağının korunduğu bildirilmiştir (Wysoki ve ark., 2002).

2.3. Mazi arısı (*Andricus* spp.)

Mazi arısı (*Andricus* spp, Hymenoptera: Cynipidae), meşelerin (*Quercus* spp.) çiçek, yaprak, kök gibi çeşitli organlarında gal oluşturur (Shachar ve ark., 2018). Çok sayıda tür barındıran *Andricus* cinsi Holoarktik bölgenin tamamında yayılış gösterirler. Bu türlerin önemli bir bölümü ülkemizin de içinde yer aldığı Batı Palearktik bölgede yer almaktadır (Pénzes ve ark., 2018).

Dişi mazi arıları meşe ağaçlarında yumurta bırakılacak yerleri belirler ve yumurtasını o bölgeye bırakır. Böylece mazi oluşumu, dişi arının yumurta bırakmasıyla başlar, meşe ağacının tepkisel olarak çıkardığı salgıların sonucu gal oluşumu gerçekleşir (Azman, 2021). Zamanla olgunlaşmaya başlayan mazının içindeki larvaların çıkardığı salgı mazının büyümesine etki ederek, türe özgü yapıda ve şekilde olmasını sağlar. Sonuçta, mazi içinde olgunlaşan larvalar mazıyı delerek dışarı çıkar ve böylece biyolojileri tamamlanır (Şekil 3). Larvaların beslenmesi sonucu bu süre içinde mazının üzeri tanenli bir madde ile kaplanır (Şekil 4). Diğer bir ifade ile mazi, bitkilerin iletim demetlerini korumak amacıyla yabancı bir organizmayı hapsedmek ve ona besin sağlamak için gelişen anormal büyümenin sonucunda oluşur (Şekil 4). İçinde tanen oluşan gal aynı zamanda bitkisel ur olarak da isimlendirilir (Demirsoy, 2006).



Şekil 3. Mazi arısı (*Andricus* spp) ergin (a) ve larvası (b).



Şekil 4. Tanen kaplı meşe mazıları

Odunsu çiçekli bitkilerde bulunan tanen maddesi aynı zamanda herbivor böcek türleri için de önemli repellent etkili maddeler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, çok sayıda endüstriyel uygulamada kullanılan fenolojik bir bileşiktir. İkincil metabolitler olarak bilinen tanenler, bitki hücreleri içindeki kofullarda tutulur ve böylece diğer hücre bileşenlerini korur. Antioksidan özelliği ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılması tanen maddesine karşı olan ilgiyi artmıştır (Bakkalbaşı, 2012).

Prehistorik dönemlerden beri, dericilikte kullanılması ve Fransızca’da bu bileşiklere tanin adının verilmesiyle Türkçe’ye de tanen olarak geçmiştir (Khanbabaee ve Ree, 2001).

Meşe palamudun da gal içinde bol miktarda bulunan tanenler aynı zamanda; antiseptik bileşiklerdir. Mazıda oluşan tanen dericilikte kullanımı yanında, boya sanayinde, şarap ve bira imalatında, petrol kuyularındaki sondaj çamurunun akışkanlığının artırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, damarların ve mukozanın büzücü etkisi nedeniyle tıpta bademcik, farenjit, basur ve bazı deri hastalıklarının tedavisinde kullanılan ilaçların bileşimine katılmaktadır.

Ticari tanenler ise genellikle toz, pul veya süngerimsi bir kütle biçiminde, soluk sarıdan açık kahverengiye kadar değişen amorf maddelerdir.

2.4. Karmin böceği (*Dactylopius coccus*)

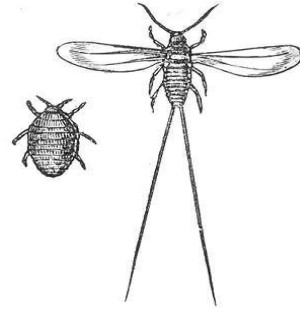
Dactylopius coccus Costa, Hemiptera takımına ait, kaktüs (*Opuntia ficus-indica* L.) üzerinde bitki öz suyunu emerek beslenen bir böcektir (Şekil 5). Bu böcek, antrakinon grubundan gelen ve eczacılık, gıda ve kozmetik gibi

birçok sektörde geniş endüstriyel kullanım ve uygulama alanına sahip kırmızı bir boya olan karminik asidin doğal biyolojik kaynağı olduğu için ticari ve ekonomik açıdan çok değerlidir (Roque-Rodríguez, 2022). Karminik asit, böceğin dişilerinde ve yumurtalarından elde edilmektedir. Böceğin kuru ağırlığının %26'sı kadarı karminik asit içerir (Méndez-Gallegos, ve ark., 2003).



Dactylopius coccus

Meksika, Bolivya, Şili, Kanarya Adaları ve Peru'da dikenli bir kaktüste beslenerek gelişmesini tamamlamaktadır.



Şekil 5. *Dactylopius coccus* Costa'un dişi (kanatsız) ve erkek (kanatlı) bireyleri

Çok eski yıllardan beri, kırmızı rengi verdiği için bilenen Karminik asit kök boyası olarak da bilinmektedir. Karmin böceğinde elde edilen bu boya Aztek'ler tarafından dokuma ipliklerini boyamada kök boyası olarak kullanılmıştır.

Günümüzde Meksika, Peru ve Kanarya adalarında bu boyayı elde etmek için bu böcek ticari olarak üretilmektedir. Üretimin doğal olması ve sağlık alanındaki kullanımı bu boyayı öncelikli hale getirmiştir. Avrupa'da ise gıda maddelerine renk verme başta olmak üzere, yapay boyalara olan üstünlüğü nedeniyle; kozmetik sanayinde güvenle kullanılmaktadır. Ayrıca kanserojen etkili sentetik veya yapay kimyasal boyaların en önemli alternatifidir.

Dactylopius coccus'dan elde edilen E120-karmin maddesi renklendiriciler tebliğine göre gıda katkı maddesi olarak et ürünlerinde, balık ve diğer su ürünlerinin işlenmesinde, unlu mamullerde ve tatlılarda, benzeri ürünlerin katkı maddesi olarak, reçel ve şekerlemelerde, renklendirilmiş

dondurma, süt, peynir ve yoğurtta, kahvaltılıklarda, süsleme malzemelerinde, bazı soslar ve içeceklerde (soda, şurup, kola, meyve suyu, şarap gibi), çerezlerde, çorba ve domatesli ürünlerde kullanımı için ruhsatlandırılmıştır (Güneş ve ark., 2017).

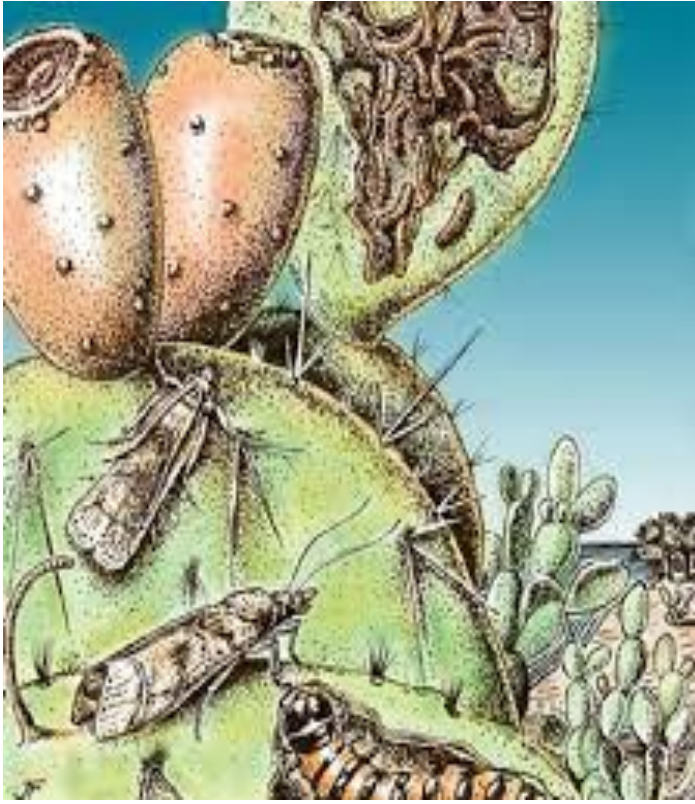
3. BİYOLOJİK MÜCADELEDE BÖCEKLER

Tarımsal üretimde ürün kayıplarına neden olan herbivor (fitofga) zararlı böceklerle mücadelede karnivor (entomophag) böceklerin kullanımı klasik anlamda biyolojik mücadele olarak ifade edilmektedir. İki farklı beslenme stratejisine sahip olan böceklerin ekosistemdeki enerji ilişkisinden yola çıkılarak biyolojik mücadele uygulama şekli gerçekleştirilir. Günümüzde tarım alanlarında zararlı problemini çözmede bu mealde çok sayıda örnek mevcuttur.

Ancak, bazı durumlarda konukçu bitkiye özelleşmiş monofag herbivor böcek türünün mera ve kültür alanlarında istenilmeyen yabancı otların mücadelesinde kullanılması da biyolojik mücadele olarak kabul edilmektedir. Meraların doğası gereği kimyasal kullanımının sakıncaları nedeniyle hayvanlar tarafından tüketilemeyen yabancı otların baskı altına alınması esasına dayanır. Bu nedenle, iki farklı amaçla böceklerin biyolojik mücadeledeki uygulamaları, bu başlık altında değerlendirilmiştir.

3.1. Herbivor Böceklerle Biyolojik Mücadele

Bu amaçla başarı sağlayan en klasik örnek, Avusturalya’da meraların sınırlarını belirlemede çit bitkisi olarak dışarıdan getirilen kaktüslerin (*Opuntia* spp) zamanla, mera alanlarına yayılması sonucu meraların kaktüslerden arındırılması için ithal yolu ile dışarıdan getirilen *Cactoblastis cactorium* Berg. (Lepidoptera; Pyralidae) larvalarının başarı hikayesidir (Şekil 6).



Şekil 6. Kaktüs üzerinde *Cactoblastis cactorium* Berg (https://entnemdept.ufl.edu/creatures/bfly/cactus_moth.htm).

Dikenli olmaları nedeniyle kaktüsler meradaki otların hayvanlar tarafından alınmasını imkânsız hale getirmiştir. Bunun, üzerine kaktüs bitkisine özelleşmiş herbivor böcek *Cactoblastis cactorium* Berg. (Lepidoptera; Pyralidae)'un larvaları Güney Amerika'dan toplanarak Avusturalya'daki bu alanlara salınmıştır (Roberston, 1989). Süreç içinde meralarda kaktüslerin yayılmasının önüne geçilmiştir. Bu uygulama şekli tarihsel olarak meralarda istenilmeyen çalı veya yabancı otların biyolojik mücadelesinde kullanılan başarılı örneklerden biri olarak kabul görmüştür. Bu başarının hikayesi Avusturalya'da Queensland eyaleti Dalby yerleşim yerinde bir anıtlarla taçlandırılmıştır.

Meraların ekolojik özellikleri ve kullanım amaçları göz önüne alındığında, küçük ve büyük baş hayvanlar tarafından tüketilmeyen ve mera verimini düşüren zehirli ve dikenli yabancı otlarla mücadelede monofag

herbivor böceklerin önemli bir baskı aracı olduğu ve ekosistemde güvenli kullanımı nedeniyle bu tür uygulamalar öncelikli hale gelmiştir.

Zira, Türkiye’de Güneydoğu Anadolu bölgesinden başlamak üzere Karadeniz bölgesine kadar Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinin kıyı alanlarındaki meralarda hayvanlar tarafından tüketilemeyen çirişotu veya hıdırellezotu (Şekil 7) Akdeniz iklim kuşağında meraların verimini önemli oranda düşürmektedir.



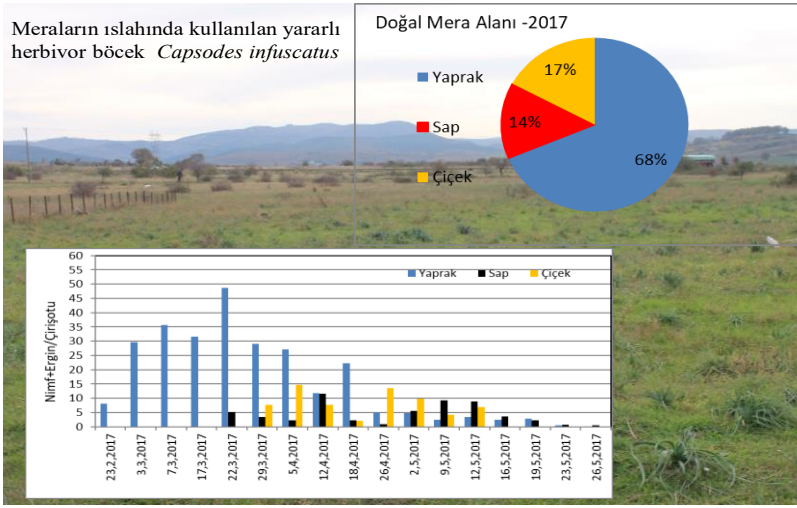
Şekil 7. Merada çirişotu (*Asphodelus aestivus* Brot.) üzerinde beslenen herbivor böcek *Capsodes infuscatus* (Özpınar ve ark., 2019).

Aynı zamanda Orta Doğu’daki bazı ülkelerin meralarında da yaygın olarak karşılaşılan sorunlar arasında yer almaktadır (Ayal ve Izhaki, 1993). Şekil 7’de görüldüğü üzere meralarda sadece çirişotu ile beslenen ve çirişotuna özelleşmiş olması nedeniyle biyolojik mücadelede öne çıkan herbivor monofag böcek, *Capsodes infuscatus* Brulle (Hemiptera: Miridae)’un etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda çirişotunu baskı altına almada ümit var sonuçlar elde edilmiştir (Eltez, 1995; Izaki ve ark., 1996; Özpınar ve ark., 2020).

Bitki fenolojisi ile uyum içinde olan *C. infuscatus*’un ergin ve nimfleri Şekil 8’de görüldüğü çirişotunun yaprakları ağırlıklı olmak üzere (%68) sap (%14) ve çiçekte (%17) emgi yaparak beslenmektedir (Özpınar ve ark., 2020).

Capsodes infuscatus ergin popülasyonun ağırlıkta olduğu yaz başında erginler, bitkinin sapına yumurta bırakarak yazı yumurta diyapozu olarak kuru saplarda geçirirler (Yazmış ve Özpınar, 2019). Sonbaharda yağışlarla birlikte

meralarda çirişotunun sürgün oluşturmaya başlamasıyla saptardaki yumurtalardan *C. infuscatus* nimf çıkışı gerçekleşir ve böylece yılda bir döl tamamlanır. Yeni çıkan nimfler yapraklarda emgi yapar, bitkinin sap ve çiçek oluşumu ile birlikte nimf ve erginler bu organlara geçer ve erginler yaz başında saptara yumurta bırakır. Gelişmesini çirişotunun yaprak, sap ve çiçeklerinde emgi yaparak bitkinin gelişmesini durdurur. Zamanla çirişotunun yoğunluğu azalır ve rekabet zamanla hayvanlar tarafından tüketilen otların lehine gelişir.



Şekil 8. Merada *Capsodes infuscatus*'un *Asphodelus aestivus* üzerindeki etkinliği (Özpınar ve ark., 2020).

3.2. Karnivor Böceklerle Biyolojik Mücadele

Uygun koşulların varlığında yüksek popülasyon yoğunluğuna ulaşan; fitofag böcek türleri tarım, orman ve mera alanlarında zararlı konumuna geçerek ürün kaybına neden olurlar. Herbivor (fitofag) türlerin zararlı konumuna geçmesi ekosistemde karnivor (entomofag) türler ile aralarında süregelen dengenin bozulmasının sonucu olarak gerçekleşir. Bu dengenin tekrardan kurulması entomofag böceklerin beslenme ilişkilerinden yararlanılarak sağlanır. Tarım alanlarında biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir kılınması için nektarla beslenen entomofag böcekler için uygun ortamın yaratılmasına öncelik verilir. Entomofag türlerin etkinliği, fitofag zararlı türe olan özelleşme derecesine göre değişir. Fitofag tür ile entomofag türler arasındaki ilişkinin

insan eliyle yönlendirilmesi “**modern biyolojik mücadele**” olarak ifade edilmektedir. Diğer taraftan ekosistemde pek çok fitofag türün zararlı konumuna gelememiş olması, doğal dengenin devamında fitofag türlerin baskı altında tutulmasından ileri gelmektedir. Bu şekilde kendiliğinde doğal olarak devam eden bu ilişki “**klasik biyolojik mücadele**” olarak tanımlanmaktadır (Kılınçer ve ark., 2010).

Ekosistemde karnivor böceklerin herbivor böcekler üzerinde beslenmeleri esas alınarak, kültür bitkilerinde zararlı olan fitofag böceklerin biyolojik mücadelesinde entomofag böcekler kullanılmaktadır (Şekil 9).

Böylece zararlıların meydana getirdiği ürün kayıplarının önüne geçilerek yarattıkları ekonomik değer yanında, insanların kimyasallardan arı insektisit kalıntısı olmayan gıda kaynaklarına ulaşmasına da olanak sunmaktadır. Etçil olan parazitoit ve predatör böcekler günümüzde birçok zararlının biyolojik mücadelesinde ticari olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 9). Bitkisel üretimde zararlı popülasyonlarının baskı altına almada biyolojik mücadele uygulamaları bir sektör haline gelmiştir. Ayrıca, parazitoit (Hymenoptera) erginleri ve nektarla beslenen Syrphidae (Diptera) ve Chrysopidae (Neuroptera) familyalarında yer alan predatör böcek türleri bitkilerin tozlaşmasında da rol oynamaktadır. Ekosistemde doğal dengenin kurulması ve zararlı yönetiminde olumsuz bir yan etkisinin olmaması biyolojik mücadele uygulamalarını öncelikli hale getirmiştir.

Kısaca biyolojik mücadele etmenleri olan entomofag böcekler, mahsulü tehdit eden zararlılarla beslenerek kimyasalların yerine pestisit rolünü üstlenirler. Bu durum öncelikli olarak zararlıların kontrol altında tutulmasının maliyetlerini düşürür ve beraberinde ürünün verim ve kalitesini de artırır. Böylece, tarım endüstrisinde her yıl milyarlarca dolar tasarruf sağlanır ve ürünlerdeki pestisit kalıntısı da azalmış olur. Beraberinde pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi de azalacağına, genel olarak sağlık için yapılan harcamalardan da tasarruf edilir. Özellikle kronik hastalıklardaki azalma global düzeyde kamu oyunda olumlu tepki alır ve ekosistemin sürdürülebilir bir yapıya kavuşması için gereken önlemlerin alınması veya uluslararası anlaşmaların desteklenmesi de kabul görür.



Şekil 9. Fitofag zararlı türler üzerindeki önemli entomofag böcekler.

4. MERA ISLAHINDA BÖCEKLERİN ROLÜ

Böceklerin beslenme stratejileri esas alındığında; 1/3'ünün etçil, 1/3'ünün otçul ve 1/3'ünün ise saprofit olduğu varsayılmaktadır. Mera ıslahına olan katkıları ile en çok sözü edilenler, halk tabiri ile “**bok veya dışkı böcekleri**” olarak bilinen Scarabaeidae familyasındaki saprofit böceklerdir.

Saprofit olan bu böcekler, bitki ve hayvan artıkları birlikte, hayvan dışkıları ile de beslenirler. Bu böceklerin başında Scarabaeus cinsine ait türler gelmektedir (Şekil 10).

Günümüzde Scarabaeus cinsine ait böcek türleri kozmopolit olup, Antarktika kıtası dışındaki diğer kıtalardaki varlığı bilinmektedir. Dünya genelinde 5.000'den fazla farklı dışkı böceği türü kayıtlıdır. Her tür, özellikle mevsimsel koşullara ve bulunduğu bölgede hayvanların dışkılarına uyum sağlamıştır. Özellikle meralarda büyük baş hayvanların dışkılarını parçalamalarıyla dikkati çekerler. Erkek ve dişi bireylerin birlikte parçaladıkları dışkıyı yuvarlayarak oradan uzaklaştırır. Uygun buldukları bir yerde kazmış oldukları toprağın içine bırakırlar. Dişi bireyler dışkının içine yumurta bırakarak toprakla üzerini kapatır. Açılan yumurtalardan çıkış yapan larvalar selülozca zengin olan bu besinle beslenerek gelişmesini tamamlar. Böylece türün devamı sağlanmış olur. Aynı zamanda topraktaki diğer hayvanlar için de besin kaynağı işlevini görür. Diğer taraftan gübre içindeki tohumların da farklı bir yerde çimlenmesine olanak sunarak biyolojik çeşitliliğin artmasına vesile olur.



Şekil 10. Bok böcekleri hayvan dışkılarını yuvarlayarak toprağa gömerler.

-Bu sırada büyükbaş hayvan dışkıları parçalanarak meradaki otların üzeri açılır. Böylece otların güneşe maruz kalmasıyla otların optimal gelişmesi merada devam eder.

-Hayvan pislikleri dağıtılarak farklı yerlerde toprağa gömülür. Toprağın havalandırılması yanı sıra fosfat ve azot içeriği yüksek olan hayvan dışkıları gübre olarak toprağın organik yapısını zenginleştirir.

-Bu esnada bok böceklerin selülozca zengin gıda üzerine bıraktıkları yumurtalardan çıkış yapan larvaların gelişmesi içinde uygun ortam sağlanır.

-Toprağın havalandırılmasına imkânı sağlayarak yağmur suyunun toprağın içine daha iyi nüfuz etmesi sonucu yüzey akışını azaltır.

-İneklerin dışkıları üzerinde beslenen manda, *Haematobia irritans exigua* (Macqueen ve Doube, 1988) ve çalı sineğinin, *Musca vetustissima* Walker üreme alanları ortadan kalktığı için (Ridsdill-Smith ve Matthiessen, 1988), bunların popülasyon yoğunluğu insan ve hayvanları rahatsız edemeyecek düzeyde kalmıştır.

Avusturalya’da 500’den fazla yerli dışkı böceği türü bulunmaktadır. Bu böcekler, keseli hayvanların kaba dokulu ve pelet benzeri dışkısını işlemek üzere evrimleşmiştir. Sığır dışkısının özellikleri oldukça farklı olduğunda az sayıda yerli dışkı böceği türü, sığır dışkısını parçalayarak toprağa gömebilmektedir. Bu böcekler Avusturalya’ya sonradan getirilen büyük baş hayvanların dışkısına yabancı olduklarından dolayı, herhangi bir ayırıştırma işlemini gerçekleştiremediler veya yetersiz kaldılar, böylece meralar büyük baş hayvan dışkısı ile kaplanır oldu.

“Bok böceklerinin” mera ıslah çalışmaları kapsamında ele alınması, **“Avusturalya’daki Mera Islah Projesi”** ile 1964 yılında başlamıştır (Anonim, 2025). Toplamda 22 yıl süren bu proje ile Avusturalya’daki meralarda biriken büyük baş hayvan pisliklerinin temizlenmesi çoğunluğu Güney Afrika ve Hawaii’den ithal edilen 43 böcek türü ile sağlanmıştır. İthal edilen bu böcek türleri kitle halinde üretilerek Avusturalya kıtasında ihtiyaç duyulan yerlere salınmıştır. Bu türlerden 23 adeti Avusturalya kıtası iklim koşullarına uyum sağlayarak yerleşmiştir. Böylece hayvan dışkılarını toprağa gömülerek mera alanları hayvan pisliklerinin birikintilerden temizlenmiş ve aynı zamanda toprağın organik yapısının düzeltilmesiyle meralar ıslah edilmiştir (Arslan, 2015).

Buna benzer bir çalışma Güney Afrika’da gerçekleştirilmiştir. İthal yoluyla dışarıdan getirilen 17 böcek türünün bu amaçla yerleşmesi sağlanmıştır. Farklı zaman aralıklarında yapılan incelemelerle olası eksiklikler yeni salımlarla giderilemeye çalışılmaktadır (Anonim, 2025).

Ayrıca, birçok böcek türünün toprağın havalandırarak önemli bir işlevi yerine getirdikleri bilinmektedir. Termit ve karıncalar sıcak ve kurak iklim koşullarında toprağı aktararak havalandırır ve tüneller kazarak toprağın su tutmasına yardımcı olurlar. Bir termit kolonisi her yıl çeyrek ton toprak kazıyabilir ve havalandırır. Ekosistemde böceklerin işlevlerinin devam etmesi doğal dengenin korunması açısından oldukça önemlidir.

5. POLİNASYONDA BÖCEKLER

Böcekler, bitkilerin tozlaşmasında önemli rol oynar. Böceklerin yokluğunda, bitkilerin çoğu doğal yolla tozlaşamaz. Bu nedenle üreme potansiyelleri düşük düzeyde kalır. Bu durum bitki çeşitliliğinin azalmasına ve beraberinde gıda kaynaklarının da sınırlı kalmasına yol açabilir. Gen kaynaklarının daralması nedeniyle bu durum uzun vadeli olarak da tarım sektörünü ciddi şekilde olumsuz etkileyebilir.

Bilindiği üzere, herbivor ve karnivor böceklerin ergin dönemleri, çiçekli bitkilerin polenlerini dağıtmada önemli işleve sahiptir. Bitkilerle böceklerin simbiyotik ilişkileri önce, ergin, yumurta ve nimf dönemlerine sahip yarım başkalaşım geçiren böceklerle başlamıştır. Daha sonra da ergin, yumurta, larva

ve pupa dönemleri geçiren tam başkalaşımli böcekler gelişerek tozlaşma süreci içinde yer almıştır (Demirsoy, 2017).

Herbivor türlerden meyve sinekleri (Zeytin sineği, *Bactrocera oleae*, (Athar, 2005) Kiraz sineği, *Rhagoletis cerasi* ve Akdeniz meyve sineği *Ceratitis capitata*) erginleri ve Lepidoptera takımındaki erginler, nektarla beslendikleri için tozlaşmaya katkı verirler.

Benzer şekilde, karnivor türlerden ise parazitoit (Hymenoptera) ve predatör (Chrysopidae ve Syrphidae) erginler de nektar için çiçekleri ziyaret ederek bitkiden bitkiye polenleri taşıyarak tozlaşmaya katılırlar.

Ancak, böcekler içinde en etkili tozlayıcılar Hymenoptera takımında, Apoidae üst familyasında, Apiformes grubunda yer alan balarılardır. Bitkiler ile geçirdikleri evrim sürecinde meydana gelen mutualistik ilişki sebebi ile balarıları önemli tozlayıcılardandır (Tirado ve ark., 2013). Arı kovanlarının taşınabilir olması, balarılarının tozlaşmadaki katkısını arttırmakta ve sağladıkları ekonomik değer gün geçtikçe büyümektedir.

Benzer şekilde Bombus arıları da günümüzde üretilerek koloni halinde özellikle sera ortamında salınarak ticari olarak kullanılmaktadır. Çiçeklerin nektar ve polenleri tozlayıcı böceklerin besini olarak bir çekim merkezi görevini görür. Gıda toplamak amacıyla çiçek ziyaretleri sonucu polenler bir çiçekten diğerine taşınır.

Böceklerle bitkiler arasındaki mutualistik ilişki ekosistemde farklı boyutlarda kendini göstermektedir. Örneğin orkidelerde olduğu üzere, bazı bitki türlerinin çiçek şekli, tozlaşmada etkili olan arıların dişilerini taklit etmesi nedeniyle erkek arıların bu çiçekleri ziyaret etmesiyle tozlaşma sağlanır. Çiçek yapısı benzer yakın bitki türlerinde ise böcekler arasındaki rekabeti kaldırmak için bitkilerde çiçeklenme dönemi değişmiştir. Böceklerin yeni duruma uyumu türün devamını sağlar ve böylece bitkiler rekabet etmekten kurtularak hayatta kalma gerçekleşir (Demirsoy, 2017; Arzuman ve ark., 2018).

5.1.Balarısı (*Apis mellifera* L.)

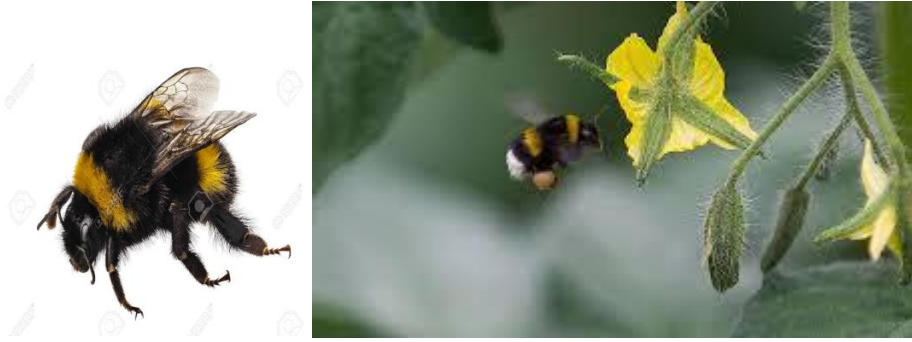
Hymenoptera takımında yer alan balarıları (*Apis mellifera*) koloni büyüklüğü, taşınabilirliği ve yönetilebilirliği bakımından dünya gıda ihtiyacını karşılayan bitkilerin %75'inin tozlaşmasında önemli rol oynamaktadır (Özbek,

2008). Bal arıları hem tarım alanlarında hem de doğal ekosistemlerde doğal dengenin korunmasında ve biyolojik çeşitliliğin devamında ekolojik öneme sahip olan yararlı bir böcektir. Bitkileri ziyaretleri esnasında tozlaşmanın gerçekleşmesinde rol oynamakta, tarımı yapılan bitkilerin verim ve kalitesinde olumlu katkılar sağlamaktadır. Yabani bitkilerin de neslini sürdürmelerinde bununla birlikte doğada birçok canlının besin ihtiyacını doğrudan ya da dolaylı bir şekilde karşılanması hususunda etkin rol oynamaktadır (Doğaroğlu, 1985). En etkili tozlayıcı olan balarılarının sağladığı tozlaşma yumuşak çekirdekli meyve türlerinde %45-90; sert çekirdeklielerde %81-97 ve ayçiçeğinde ise %80-88' dir (Özbek, 2008).

5.2.Bombus Arısı (*Bombus terrestris* L.)

Bombus arıları tarımsal ve doğal ekosistemlerde en önemli tozlayıcılar arasında yer alırlar (Şekil 11). Başta domates, patlıcan ve biber olmak üzere seralarda yetişen ürünlerin hormon kullanılmadan döllemesini gerçekleştiren Bombus arıları, dillerinin uzun, vücudunun tüylü ve iri yapılı olması nedeniyle tozlaşmada oldukça başarılı sonuçlar vermesi, onların ticari olarak kullanılmasına imkân sunmaktadır (Gösterit ve Gürel, 2005). Nitekim, Muğla ilinde 2018 yılında gerçekleştirilen bir araştırmaya göre, güz, bahar ve tek ürün dönemlerinde yapılan domates yetiştiriciliğinde cam ve plastik seralarda tozlaşma amacıyla bombus arılarından yararlanıldığı saptanmıştır (Örük ve Engindeniz, 2019). Bitkilerdeki çiçeklerin Bombus arıları tarafından yoğun olarak ziyaret edilmesi sonucu boş çiçek bırakılmadığı için birim alanda meyve miktarının artması yanında, seralardaki varlığı nedeniyle uygulanabilecek insektisitlerden olumsuz etkilenebileceği için de insektisit kullanımını sınırlandırmaktadır. Böylece seralarda insektisit kalıntı probleminin azaltıldığı ve sağlıklı gıdanın insanlar tarafından tüketilmesine de olanak sunulmaktadır.

Bitkilerin tohumlarını taşıma potansiyeline sahip olan karıncalar ve benzeri böcekler de biyolojik çeşitliliğin artmasına katkı vermektedir. Karıncaların dişli mandibulaları ile tohumları taşıırken tohum kabuğunun zedelenmesi sonucu nem alan bu tohumların erken çimlenmesini sağlayarak biyoçeşitlilik artmaktadır.



Şekil 11. *Bombus terrestris* L.

6. BİLİMSEL ARAŞTIRMALARDA BÖCEKLER

Bazı böceklerin genetik yapısı anlaşılmasını kolaylaştırdığı için araştırmalarda model olarak kullanılırlar. Örneğin; kısa döl süresi, dev kromozomlara sahip olma, yüksek doğurganlık ve laboratuvarlarda kolay yetiştirilebilir olması gibi farklı özellikleri ile öne çıkan Sirke sineği (*Drosophila melanogaster*) tıp ve biyoloji ile ilgili alanlarda başvurulmuş bir araştırma materyalidir. Moleküler, genetik ve diğer ilgili alanların anlaşılmasına katkı vermektedir.

Bunun yanında, bazı sosyal böcekler araştırmalarda evrim ve sosyal yaşamın anlaşılmasında kullanılır. Sosyobiyoloji alanındaki bilgiler, sosyal böceklerin çalışılması ile elde edilmektedir.

7.HASTALIK TAŞIYAN BÖCEKLER

İnsan ile aynı ortamda yaşayan bazı böcek türleri hastalık mikroplarının insanlara bulaşmasına vesile olurlar. İnsanlık tarihinde savaşlardan daha fazla insan ölümlerine neden olan hastalık mikroplarını taşıyanlar içinde en yaygın olan böcek türleri Diptera takımında Culicidae (Sivrisinekler) familyasında yer almaktalar. İnsanlarda ve hayvanlarda kan emerek beslenirler. Bazı sivrisinek türleri gün boyunca bazıları ise sadece geceleri kan emer. Kan emme sırasında hastalıklı bireylerden aldıkları mikrobu yeni ziyaret ettikleri sağlıklı bireylere taşırlar. Bu nedenle bu böcekler insan sağlığı açısından önemlidir. Tarihin ilk çağlarından bu yana taşıdıkları hastalıkları yeni bireylere bulaştırmaları sonucu kitlesel ölümlere sebebiyet vermişler. Bu hastalıkların etkisi günümüzde de devam etmektedir.

Anopheles cinsine bağlı sivrisinekler bir protozoa olan sıtma mikrobu (*Plasmodium*) insanlara bulaştırmada rol oynamaktadır. **Sivrisinekler sıtma dışında abrovirüsler ve parazitik nematotları da kan emerken insandan insana aktarırlar.** Abrovirüslerden **Zika, Dengue ve Chikungunya** *Aedes* spp., olarak bilinen sivrisinek türler tarafından taşınmaktadır (Ebi ve ark., 2015). Dang ateşi ve Batı Nil Virüsü gibi hastalıkların 2030 yılından sonra, daha geniş bir bölgeye yayılacağı tahmin edilmektedir (Paz-Bailey, 2024). Ayrıca, son yıllarda belirgin olarak hissedilen global ısınma ile sıcaklıktaki artış, hastalık etmenlerinin böcek bünyesindeki gelişme süresini kısaltarak yeni enfeksiyonlar için uygun koşulları sağlayacak ve bu durum ise hastalıkların yayılma potansiyellerini arttıracaktır (Samways, 2005).

Dang hummasıyla ilgili endişe verici gelişmelerden biri de hastalığın daha önce görülmediği bölgelerde de yayılacak olmasıdır. 2024 yılında hastalıktaki artışın nedeni iklim değişikliği sonucu artan sıcaklık ve nem oranları sivrisineklerin üreme alanlarını arttırmış ve böylece daha geniş coğrafyalara yayılan *Aedes* spp. daha fazla vakaya sebep olmuştur (Paz-Bailey ve ark., 2024). Bu durum, doğal olarak *Aedes* cinsine ait sivrisineklerin taşıdığı hastalıkların yayılmasını arttırmıştır. *Aedes* cinsine ait sivrisineklerinin hastalıkları taşıyan iki önemli türü (*A. aegypti* ve *A. albopictus*) bulunmaktadır. Dang hummasının yayılımından *A. aegypti* daha fazla sorumlu olmasına karşın, *A. albopictus* da sınırlı miktarda da olsa bu hastalığı yayabiliyor.

Türkiye’de bir süredir, *Aedes* cinsinin her iki türünün de yerleşik olduğu biliniyor (Akıner, 2018). Dolayısıyla ülkemizde yakın zamanda dang humması vakası görmemek için geçerli bir sebebimiz yoktur. Dang humması ne yazık ki tüm dünyada en yaygın görülen enfeksiyonlardan biri haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) son iki yıldır bu hastalık için sıklıkla “Çok hızlı yayılıyor” uyarısı yapmaktadır. İklim değişimi ile birlikte birçok sivrisinek türünün optimal yaşam alanları kuzey yarımküreye doğru genişlemiş ve bu bölgelerde bu hastalıklardan daha fazla söz edilir olmuştur.

Bununla birlikte insanla aynı ortamda yaşayan Diptera takımında Karasinekler (Muscidae) organik gıda ve artıklarla beslenirken, tifo, dizanteri, kolera ve tüberküloz gibi hastalıklara vektörlük yaparlar. İnsanda dış parazit olan bitlerden *Pediculus humanus* (Anoplura) insanlara tifüs, dönek ateşi ve

siper ateşini bulaştırır. Pirelerden *Plulex irritans* (Siphonoptera)’ın erginleri ise veba ve fare tifüsünü taşırlar (Yıldırım, 2009).

8. ENTOMOFAGİ

Böcek yeme alışkanlığı, özellikle yıl boyunca çeşitli böceklere erişimin daha kolay olduğu, tropikal bölgelerde yaşayan insanlardan daha yaygındır. Bu bölgelerde böcek yeme alışkanlığı binlerce yıl öncesine dayanmaktadır (Imathiu, 2020). Günümüzde insanlar tarafından yüksek düzeyde böcek tüketiminin tropikal ülkelerde olmasının da nedeni bu olabilir (Baiano, 2020). Genel olarak doğal yapısı korunmuş orman ve benzeri alanlarda yaşayan iri yapılı bazı böcek türlerinin farklı biyolojik dönemlerinin yüksek protein içeriklerine sahip olmaları nedeniyle Uzak Asya’daki ülkelerin mutfağında gıda olarak değerlendirilmektedir (Şekil 12).

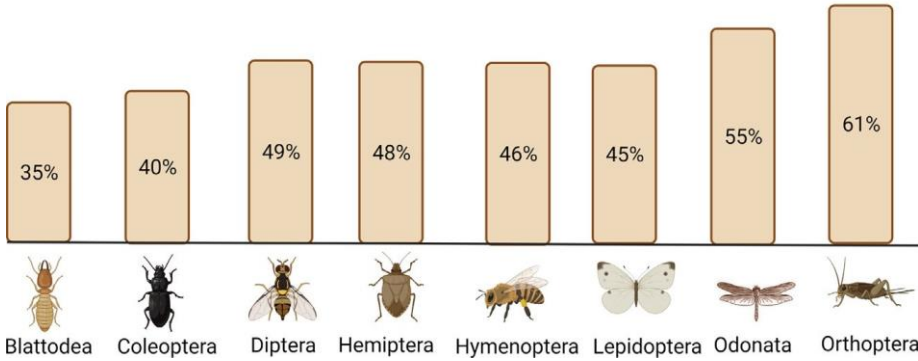
İnsanların besin kaynağı olarak böcekleri tercih etmesi, öncelikle açlıkla mücadele, ya da geleneksel tüketim maddesi olarak görülmesine karşın, gıda endüstrisi ve pazarının da getirdiği yeni bir eğilim olarak kabul görmüştür.

Böceklerin besin olarak tercih edilmesi; düşük yağ oranı, protein ve karbonhidrat gibi makro moleküllere sahip olması yanında, vitamin ve mineral kaynağı olarak görülmeleri esas alınmıştır (Saruhan ve Tuncer, 2010). Özellikle Covid 19 ile birlikte gıda kıtlığıyla ilgili yaşanan deneyim sonucu, yenilebilir böcekler için küresel pazarın, 2030 yılına kadar 8 milyar ABD dolarına ulaşacağı öngörülmüştür (Liceaga, 2022). 2050 yılında ise insan nüfusunun 9 milyara ulaşacağı varsayıldığında bu rakamın oldukça artacağı tahmin edilmektedir.

Sahip olunan öngörülere göre gıda üretiminde tarımın gelecek vaat etmemesi veya yetersiz kalması halinde, yeni gıda kaynaklarına ihtiyaç duyulacaktır. İnsanların binlerce yıldır yeme alışkanlıklarına sahip olduğu böceklerin, gelecekte küresel gıda talebini hafifletmeye yardımcı olacağı düşünülmektedir. Son yıllarda protein ve amino asit içeriği yüksek yenilebilir böcekler, özel ilgi görmeye başlamıştır. İçerdikleri protein miktarına göre, yenilebilir böcekler sekiz ana gruba ayrılmıştır (Şekil 13).



Şekil 12. Böceklerin gıda olarak kullanımı (Entomophagi)



Şekil 13. Yenilebilir sekiz böcek takımına ait böcek türlerinin yaklaşık protein içeriği (Liceaga, 2022).

Potansiyel protein kaynağı olarak dikkate alındıklarında böcek yetiştiriciliğinin daha düşük çevresel kirlilik endeksine sahip olması, dünya genelinde daha sürdürülebilir gıda üretimi için gelecek vaat etmektedir. Ancak, bu durum büyük ölçüde tüketicilerin yenilebilir böcek içeren ürünlere yönelik algısı ve kabulüne bağlı olacaktır. Böcekler mikrobiyolojik açıdan bakıldığında genel olarak güvenli kabul edilmektedir. Ancak, pestisit ve ağır metal kalıntısı da içerebilirler. Yenilebilir böcekler bütün olarak tüketilebilse de kabul edilebilirliğini artırmak için tanınmaz bir formda işlenerek kullanılmaktadır. Bu durumda içerikleri ile ilgili bilgilerin yeterince tüketiciye yansımaması olarak da değerlendirilmektedir.

Avrupa Birliği ülkelerinde böcek içeren gıdaların satışı, üçüncü ülkelerde 25 yıldan uzun süre güvenle tüketildikleri kanıtlanmadığı durumlarda, kabul edilebilirliği için özel bir düzenlemeye ve izin prosedürüne ihtiyaç duyulmaktadır.

İngiltere'de ise sınırlı sayıda yenilebilir böceğin varlığına rağmen, meraklı ve maceracı tüketicilere temel gıda maddesi olmaktan çok yenilikçi gıdalara ilgiyi uyandırmak amacıyla programlar düzenlenmektedir.

Halkı ve özellikle çocukları bilgilendirmek ve böcek bilimi konusundaki çalışmalarını desteklemek için iki yılda bir **Kraliyet Böcek Bilimi Topluluğu** (Royal Entomological Society) tarafından **Ulusal Böcek Haftası** (National Insect Week) düzenlenmektedir. Bu kapsamda doğaya ilişkin bir farkındalık yaratma ve entomofagi kapsamında halkın yenilebilir böcekler konusunda bilinçlenmesi ve bir ölçüde ön yargılarının kırılması için birtakım paneller, sunumlar ve etkinlikler yapılmaktadır.

Tüm bunlara rağmen, gelecekte böcek yetiştiriciliği, özellikle gelişmekte olan ülkelere bir gelir fırsatı sunabilme potansiyeli taşımaktadır. Ancak, Avrupa gibi bazı ülkelerde yapılan ekonomik analizlerde yüksek iş gücü gereksinimi nedeniyle böcek proteinini elde etmek için kitlesel üretim maliyetinin pahalı olduğu veya et üretimi ile kıyaslandığında aynı seviyede olması nedeniyle henüz cazip olmadığı kanaati hakimdir. Böceklerin tüketilmesini cazip hale getirmek ve et ürünleri ile rekabet edebilir bir noktaya getirmek için, böcek yetiştirme, hasat ve hasat sonrası işleme teknolojilerinin geliştirilmesi ihtiyaç vardır.

9. KÜLTÜR BİTKİLERİNDEKİ ZARARLI BÖCEKLER

Böceklerin 1/3'ünü oluşturan ve bitkisel besin ile beslenen herbivor (fitofag) böceklerin içinde yer alan zararlı böcek türleri; bitkilerin kök, yumru, soğan, yaprak, gövde, sürgün, çiçek, meyve ve tohumlarını yiyerek veya öz suyunu emerek zarar verirler (Şekil 14). Böylece tarımsal ürünün kalite ve kantitesi olumsuz etkilenir. Zararlıların ürünlerde oluşturduğu yıllık kayıpları Önder ve Atalay, (1977) %20 ve Kansu (198) ise %13.8 oranında olduğunu belirtmektedirler. Zararlılara karşı mücadele yapılmadığı veya uygun mücadele yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda, ürün kaybı %100'e ulaşabilmektedir (Koçlu ve Karsavuran, 1996).

Kültür bitkilerindeki böcek zararı değişken olup, bitki çeşidi, fenolojisi, ve çevre koşullarına bağlıdır. Örneğin Pancar sineği (*Pegomya hyoscyami* (Diptera Muscidae)) pancar yapraklarında %50 oranındaki bulaşma üretimde ürün kaybına neden olmaz (Koçlu ve Karsavuran, 1996). Zarar doğrudan bitkinin insanlar tarafından kullanılan organında gerçekleşmesi ise ekonomik kaybı daha da yüksek düzeye çıkarır. Bu mealde sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek için birçok bilimsel çalışmaya ve veriye de ihtiyaç duyulur. Bu nedenle zararlılardan ileri gelen ürün kayıplarını önlemek için önceden organize olmak ve gerekli hazırlıkları yapmak gerekir.



Şekil 14. Zeytinde, Zeytin sineği (*Bactrocera oleae* Rossi) (a) ve Pamukta, Yeşilkurt (*Helicoverpa armigera* Hbn.) zararı (b).

Günümüzde de en fazla ürün kayıpları orijini dışına taşınan bölgelerde salgın yapan zararlı böcek türlerinden kaynaklandığına tanık oluyoruz. Zararlı ile mücadelede etkili bir sonuç alabilmek için orijinindeki bazı bulgulara ulaşmak önem taşır. Bazı zararlılara karşı uygun mücadele yöntemlerinin geliştirilmesinde ulusal ve uluslararası iş birliği gerektiren durumlar da söz konusu olabilmektedir. Tarihte zararlı böceklerden kaynaklı salgınlar nedeniyle karşılaşılan açlık sonunun çözümü insanların başka bölgelere göç etmelerine neden olması da ayrıca uluslararası iş birliğini zorunlu kılmıştır.

Tarımsal üretimde ürün kayıpları hasat öncesi ve sonrası olmak üzere 2 grupta incelenmektedir. Hasat sonrası ürünlere yüklenen katma değer ürünün maliyetini arttırmakta bu nedenle ürün kayıplarını önemli hale getirmektedir.

Bunun yanında fitofag böcekler kültür bitkilerinin öz suyunu emerken bazı bitki parazitik virüs ve benzeri organizmaları sağlıklı bitkilere taşıyarak

zararın boyutunu arttırabilmektedir (Jankielsohn, 2018). Dolayısıyla zararlının meydana getirdiği ürün kayıpları zararlı ile bitki arasındaki etkileşime göre değişiklik göstermektedir. Bazı zararlı böcek türleri bitki ile beslenirken salgıladıkları toksik maddeler de insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkileyebilir. Bu durumlarda zararlının zarar yapma potansiyeli beklenilenin üzerine çıkar.

10. GELENEKSEL TIPTA BÖCEKLERİN KULLANIMI

Böceklerin vücudu, yumurta ve yumurta kabukları, böceğin integümanı ve çıkardığı salgılar geleneksel tıpta kullanılmaktadır. Günümüzde 14 takım ve 63 familyaya ait 300’den fazla böcek türünün geleneksel Çin tıbbında kullanıldığı tespit edilmiştir.

Dünya genelinde geleneksel tıp bilgileri ve bu böceklerden elde edilen maddelerin ticari olarak kullanılmasında yerel topluluklar önemli rol oynamıştır. Ancak, bu bilgiler ve uygulama şekilleri nesilden nesille sözlü anlatımla geçmesi bazı tedavi şekillerinin de bu süreç içinde yok olmasına neden olmuştur. Günümüzde halen Meksika’nın bazı kırsal bölgelerinde böceklerle tedavi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bölgelerdeki bazı marketlerde idrar söktürücü, ağrı kesici ve anestezik olarak böcek ve böcek vücut bölümleri satılmaktadır. Bu amaçla en fazla kullanılan böcek takımları Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera ve Hemiptera (Heteroptera)’dır. Tıbbi amaçlı kullanılan bu böceklerin %92.6’sı iç hastalıklarının tedavisinde etkili olmaktadır.

Genel olarak böceklerin sağlık alanında kullanılmasını şu alt başlıklarda sıralayabiliriz.

-Apiterapi (=Biyoterapi): Balarılarının zehri, romatoid artrit gibi hastalıkların iyileşmesinde önerilmektedir. Arı zehri kortizolün (stres olduğunda vücudun salgıladığı bir hormon) salınımını simüle eden kompleks bir enzim, protein ve amino asit bileşimidir. Balarısının zehri **apiterapi** amaçlı olarak insan tedavinde kullanılmaktadır. Arı bir cımbız yardımıyla, iğnesini insan vücuduna batıracak şekilde tutulur ve iğnesinin 10-15 dakika kadar insan vücudunda kalması sağlanır. Her seansta batırılan iğne sayısı ve seansların sıklığı hastanın dayanıklılığına ve sağlık sorunun doğasına bağlı olarak değişir (Ekici ve Gölgele, 2021).

-Hamamböceği ve ağustosböceği beyinlerinin antimikrobiyal özellikleri nedeniyle kullanılması.

-Kanser tedavisinde böcek zehrinin kullanımı: Balarısı dışında, yaban arısında (*Polybia paulista*, Hymenoptera: Vespidae) elde edilen zehir insan sağlığında hastalıkları iyileştirmede kullanılmaktadır. Brezilya’da *Polybia paulista* arı zehrindeki **MP1 molekülü** prostat ve mesane kanserinin gelişmesini durdurduğu ve sağlıklı hücrelere hiçbir olumsuz etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (Wang ve ark. 2008).

-Arı sütü birçok ülkede tedavi amacıyla diyetlerde ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır. Arı sütü; iltihaplı eklem hastalıkları, zayıflık ve kuvvetsizlik hallerinde tedavi edicidir (Altıntaş ve Bektaş, 2019).

- Kurtçuk tedavisi:

-Arı kovanında solunum terapisi:

-Kırıkları tutturmak için ipek böceği liflerinden vida yapımı:

-Adli entomolojide kriminal olayların aydınlatılmasında Diptera takımındaki böcek türlerinin biyolojik gelişmelerinde yararlanılması gibi.

11. BÖCEKLERİN KİTLESEL ÜRETİMİ

Böcekler, organik besin zincirinde önemli bir yer işgal ederler. Böceklerin yokluğunda, böceklerle beslenen hayvanlar, açlıkla karşı karşıya kalırlar. Yarasalar, kuşlar, kurbağalar gibi böcek yiyen türlerin besin kaynağı azalır ve popülasyonları düşer. Bu durum, ekosistemde dengesizliklere ve diğer türlerin neslinin tehlikeye girmesine neden olur.

Böceklerin biyolojilerinin kısa olması, kolay ve ekonomik olarak insektaryumlarda üretilmeleri ticari bir sektör haline getirmiştir. Böceklerin kitle halinde üretilme amacı;

- Araştırma ve biyolojik çalışmalara materyal temin etmek: Araştırma materyali olarak bazı böcek türleri tıpta, biyolojik ve moleküler çalışmalarda kobay olarak kullanılmaktadır. Bu mealde belli sayıda ve miktarda bireye sahip olmak için üretilmeleri gerekir. Ayrıca, tarımsal alanlardaki zararlılarla mücadelede kullanılan insektisitlerin etkinliğinin test edilmesi

aşamalarında materyale gereksinim duyulur ve bu amaçla da böcek üretimi yapılır.

-Ürünlerinden yararlanan böceklerin üretimi (Balarısı, İpekböceği vb): Gıda, boya ve dokuma sanayinde gereksinim duyulan ürünlerin devamlı hale gelmeleri için alışı gelmiş üretimler farklı ülkelerde ticari düzeyde yapılmaktadır.

-Biyolojik mücadele etmenlerinin kitle üretimi: Günümüzde biyolojik mücadele etmeni olan parazitoit ve predatör böcek türleri ve konukçularının kitle üretimi ticari olarak yapılmaktadır. Tarımsal üretimde ürün kaybına neden olan zararlılara karşı kullanılmak üzere arzu edilen sayıda ve miktarda yararlı tür yoğunluğuna sahip olmak için üretim yapılır. Günümüzde biyolojik mücadele amaçlı kitle üretimleri ticari bir sektör haline gelmiştir.

-Balık ve kümes hayvan çiftliklerinin besin gereksinimini karşılamak: Böceklerin potansiyel olarak sürdürülebilir bir protein kaynağı olması ve geleneksel hayvan yemlerine alternatif olmaları böcek bazlı gıdalar akvaryum balıkçılığı ve evcil hayvanlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir sinek türü olan Siyah asker sineği (*Hermetia illucens* L., Stratiomyidae)'in larva ve pupaları balık yemi ve akvaryum balıklarının beslenmesinde popüler bir seçenek olarak öne çıkmıştır (Rumpold, ve Schlüter, 2013; Sevilmiş ve ark., 2019) Sinek larvaları ve pupaları aynı zamanda kümes hayvanları, balıklar, domuzlar, kertenkeleler, kaplumbağalar ve hatta köpekler tarafından tüketilebilmektedir. Avrupa Birliği'nde ise su ürünleri yetiştiriciliğinde yem olarak kullanılmasına onay verilen az sayıdaki böcek türlerinden biridir.

Böcek bazlı gıdaların hayvan yemi olarak kullanımı, farklı ülkelerde farklı yasal düzenlemelere tabidir. Bazı ülkelerde böcek bazlı yemlerin kullanımı daha yaygındır ve bazılarında ise hala sınırlı sayıdadır. Böcek kökenli gıdaların tüketimi genel olarak toplumların kabullenme sürecinde bağlı olup, çeşitli sosyal ve kültürel faktörlerin etkisi altındadır.

Böcek bazlı gıdaların, karma yemlerin bir bileşeni olarak da kullanılması söz konusudur. Örneğin, bazı hayvan yemi üreticileri, tavuk, domuz veya sığır yemlerine böcek bazlı protein eklemekte ve bu şekilde protein kaynaklarını çeşitlendirme arzusu öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak böceklerin kısa biyolojileri nedeniyle hızlı çoğalmaları yanında, kolay ve ekonomik üremeleri ve yüksek miktarda protein içermeleri nedeniyle farklı amaçlara yönelik olarak kitle halinde üretimleri ticari boyutlarda bir sektör haline gelmiş istihdam yaratan bir alana dönüşmüştür.

Genel olarak, böceklerin dengeli bir besin profiline sahip olmaları, insanların ve çiftlik hayvanlarının amino asit gereksinimlerini karşılaması, yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitleri içermesi ve genellikle mikro besinler ile vitaminler açısından zengin olması nedeniyle insan gıdası ve hayvan yemi için potansiyel bir kaynak olacağı sonucuna varılmıştır

12. BİYOMİMİKRI

Hayatı taklit etmek anlamına gelen Biyomimikri, bios (hayat) ve mimikos (taklit) kelimelerinden türetilmiştir (Kuday, 2009). Günümüzde mimari, mühendislik, elektronik ve şehircilik gibi birçok farklı alanda doğayı inceleyerek yeni ürün ve hizmetler geliştirilmektedir. Böceklerden esinlenerek farklı alanlarda tasarımlar yapılmış ve bu tasarımlar insanın hayatını kolaylaştırmıştır (Gülperçin, 2023). Doğaya dönüş yaşam için gerekli enerji verimliliğinin sağlanması için sürdürülebilir kaynaklara yönelmeyi ve doğada yer alan canlı ve cansız varlıklarla uyum içinde olmayı gerektirmektedir. Bu uyumun devamlılığı, biyomimikri biliminin biyotasarıma entegre edilmesiyle yapılacak çalışmaların arttırılmasıyla gerçekleşecektir.

Böceklerde esinlenerek yapılan tasarımlarda öne çıkan örneklerden birkaçını sıralayabiliriz.

-İşitme cihazlarının tasarımı: İşitme cihazı *Ormia ochracea* (Bigot, 1889) (Diptera: Tachinidae) adlı sinek türünün işitme organından (Tympanal organ) esinlenerek tasarlanmışlardır (Narins, 2001). Dişi sineğin 1. thorax segmentinde, ön bacakların kaidesinde yer alan işitme organı çok küçük boyutlarda olmasına rağmen, oldukça işlevsel bir yapıya sahiptir. Dişi sinek, sesin geldiği yeri hatasız olarak tespit etmesi soyunun devamı için gereklidir. Çünkü, kendi larvalarının beslenmesini garanti altına alabilecek bir besin kaynağı bulmak zorundadır. Dişiler yumurtalarını, çiftleşme için ses çıkartan bir kara çekirgenin (Gryllidae) üzerine bırakarak asalak larvaların onunla beslenmelerini sağlar.

Bu işlevsel işitme organından esinlenerek "**Ormiafon**" adı altında, işitme aleti ve dinleme cihazlarının yapımında taklit edilmiştir (Yaşar, 2018).

-Binaların havalandırma sistemlerinin tasarımı: Termit yuvalarında bulunan havalandırma sistemleri, insanların binaları soğutmada yaptığı sistemlerden çok daha ileri düzeydedir. Termit tümsekleri, yanlarında alçak hava basıncı barındıran bacalara sahip ve bu bacalar sayesinde hafif rüzgârları rahatlıkla içlerine alabilirler. Termitlerin açtığı tünel yardımıyla sıcak hava yapıdan dışarı çıkar ve bu yolla yuvanın soğuması sağlanmış oluyor. Zimbabwe’de 1996 yılında tamamlanan Eastgate binası termit yuvalarından esinlenerek yapılmıştır. Bu bina termitlerin oluşturduğu tümseklerin model alınmasıyla tasarlanan dünyanın ilk doğal soğutmalı binası olup, ilk beş yılda \$3.5 milyon dolarlık enerji tasarrufu sağlamıştır.

-Çarpışmayı önleyici sensörlerin tasarımı: Çöl çekirgesi (*Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) milyonları aşan sürüler halinde iken, kendisine doğru gelen bir cisime bir sinyal göndererek onun konumunu ve uzaklığını saptayabiliyor. Daha sonra da kendi konumunu buna göre değiştirerek çarpışmayı önleyebiliyorlar. Araştırmacılar bu özellikten esinlenerek, "**Locust Visual Collision Detector**" sensörünü geliştirmişler. Çarpışma tehdidini algılama ve önleme, özellikle otomotiv endüstrisi için önemli bir araştırma ve geliştirme teknolojisini olarak tamamlanılıyor. Bazı çarpışma önleme özelliklerini içeren uyarlanabilir "**Cruise**" kontrol sistemleri bugün lüks otomobillerde bir seçenek olarak sunulmaktadır.

-Sikorsky helikopterin tasarımı: Türkçe’de yusufçuklar (Odonata) olarak bilinen böcekler çok iyi manevra yapma yeteneğine sahiptir. Uçuş hızı ve yönüne bakılmaksızın aniden durabilir, havada bekledikleri gibi ters yönde uçabilirler. Ani manevralar yapabilen yusufçukların görme yeteneği oldukça yüksektir. Başının yarısını kaplayan gözleri ona arkasında olup, bitenleri görebilecek kadar geniş bir görüş sağlar. Dünyanın en ünlü helikopter üreticisi **Sikorsky Modelinin Tasarımı** yusufçukların uçuş sistemleri örnek alarak gerçekleştirmiştir.

-LED benzeri yapı tasarımı: Gece kelebeklerinin göz yapısı araştırmacılara gözlüklerde Antirefleksif Kaplama (ARC) için yeni fikirler vermiştir. Yansıtılan ışığın miktarını azaltan nano malzemelere dayanan ARC

bazı böceklerin göz yapısında doğal olarak bulunur. Bu özelliğe sahip güvelerin gözleri, gelen ışığın dalga boyundan daha küçük olan bir tabaka ile kaplıdır. Bu doğal kaplama parlamayı ortadan kaldırır. Güvelerin predatörlerden saklanması ve gece görüşlerini geliştirmesine olanak sağlar. Bu özellik nedeniyle bazı ARC türleri için güve gözü taklit edilmektedir.

-Parlaklığını arttıran diyot tasarımı: Avrupa'daki bazı bilim adamları tarafından yayınlanan araştırma sonuçlarına göre Ateş böceği *Photuris* spp. (Coleoptera: Lampyridae) dişilerinin abdomen segmentlerinde bulunan ışık organında yaydıkları ışığın, parlaklığını örnek almışlar. Bilim adamları daha sonra parlaklığı %55 arttıran bir ışık yayan diyotla (LED) benzer bir yapı oluşturulmuştur.

Bunların dışında rüzgâr türbinlerinin daha verimli hale getirilmesi için suda sıçrayabilen robotik böceklerin model alınması ve geniş açılı bir lens tasarımı için böcek gözü esas alınmıştır. Bu mealdeki benzer örnekleri çoğaltmak mümkündür.

13. SONUÇ

Doğada birlikte yaşadığımız bütün canlılar, ekolojik sistemin bir parçası olarak, doğal dengenin korunmasında rol oynarlar. Yerkürede geniş bir alana yayılmış olan böceklerin doğal dengedeki payı ise küçümsenemez boyutlardadır. Bu nedenle böceklerin insan yaşamını doğrudan ve dolaylı olarak etkilemesi kaçınılmazdır. Böceklerin adaptasyon yetenekleri ve evrimsel başarılarının yüksek olması, onları diğer hayvanlardan üstün kılmaktadır.

Böcekler; ekosistemde, tozlaşmaya katkı vererek biyolojik çeşitliğin artmasına ve organik maddelerin ayrıştırarak döngüye dahil edilmesi açısından kritik role sahiptir. Gerek ekosistemde ve gerekse kültür bitkilerinin gen havuzunu oluşturan bitki biyoçeşitliliği böceklerin sayesinde bu düzeydedir. Ancak günümüzde böcek popülasyonlarındaki hızlı azalma gerçeği ile karşı karşıyayız. Bundan doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetleri sorumludur.

İnsan faaliyetlerinin gereğinden fazla yoğunluğu, toprağın faunası ve florasını olumsuz etkilemekte, ekosistemde ve agro ekosistemde dengesizliklere yol açmaktadır. Toprağın doğal fonksiyonlarını kaybetmesi sürdürülebilir üretim ve beraberinde gıda güvenliği ile ilgili sorunlara yol

açacağı yönünde endişeler bulunmaktadır (Özpınar, 2023 a). Sonuç olarak söz konusu endişelerin sebeplerinden birisi de tarımda yüksek oranlarda enerji kullanımıdır (Özpınar, 2022a). Bu nedenle tarımsal faaliyetlerde alternatif doğal kaynakların kullanımı önem taşımaktadır (Ozpınar, 2022b). Sürdürülebilir yaşam için doğal kaynakların kullanımı öncelenmeli ve tarımsal üretimde ise mevcut enerji kaynaklarının kullanımı uygun yöntemlerle minimize edilmelidir (Özpınar, 2023b; Demirel ve ark., 2024). Agro ekosistemi besleyen bütün unsurlar, bir çarkın dişlileri gibi işlevsel olması halinde, sürdürülebilir bir yaşam gerçekleşebilir. Doğal yaşam alanlarının korunması, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir hale getirilmesi böceklerin geleceğini güvence altına alabilir. Nasıl ki, ekolojik sistem içerisindeki canlılar, gerekmedikçe çevresindeki diğer canlılara zarar vermiyorsa, insanların da can güvenliği tehlikede olmadıkça, ekolojik sisteme müdahale etmemesi gerekir.

Sonuç olarak, böceklerin önemi insanların sağlıklı yaşayabilmeleri için kritik bir rol oynamaktadır. Böceklerin korunması ve sürdürülebilir yönetimi için daha fazla çaba harcamalıyız. Böcek biyolojik çeşitliliği ekosistemlerin sağlığı ve geleceği açısından hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Altıntaş, L., Bektaş, N. (2019). Apiterapi: Arı zehri . *Uhudağ Arıcılık Dergisi*, 19 (1): 82-95.
- Anonim, (2016). İpekböceği Yetiştiriciliği. Erişim: <http://www.tarim.gov.tr/Konular/Hayvancilik/Ipek-Bocekciligi>. Erişim tarihi: 18.02.2025.
- Anonim, (2025). <https://www.nma.gov.au/defining-moments/resources/dung-beetles-in-australia>. Erişim tarihi:17.02. 2025.
- Akmer, M. M. (2018). Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde istilacı Aedes türlerinin izlenmesi ve kontrolü. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(3): 225 – 238.
- Arslan, E. B. (2015). Balıkesir İlindeki Hayvan Dışkılarında Bulunan Kınkanatlı Böcekler (Coleoptera) Üzerinde Faunistik Araştırmalar. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir S 115.
- Arzuman, Ş. Yaşar, B., Çığ, A. (2018). Orkide ve Böcek İlişkileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* (GBAD), 7 (3):111-117.
- Athar, M. (2005) Infestation of Olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, in California and taxonomy of its host trees. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 70 (4):135-138.
- Ayal Y. Izhaki I., (1993). The effect of the mirid bug *Capsodes infuscatus* on fruit production of the geophyte *Asphodelus ramosus* in a desert habitat. *Oecologia*, 93:518-523
- Azmaz, M. (2021). *Quercus infectoria* Oliv. (Mazı meşesi) köklerinde oluşan mazılar (Hymenoptera: Cynipidae): İki yeni kayıt. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 22(2): 91-96.
- Baiano, A. (2020). Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science & Technology*, 100:35-50.
- Bakkalbaşı, E. (2012) Tanenlerin kimyası, gıdalardaki varlığı ve gıda işlemenin tanenler üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 10(2): 96-108.
- Canales, M., Elder, S. (2020). National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/> (Erişim tarihi 18.02.2005).
- Demirel, M.H, Baran, M.F, Gökdoğan. O. (2024). A Study on determination of energy productivity and greenhouse gas emissions in wheat production. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 38 (1): 112-122
- Demirsoy, A. (2006). Omurgasızlar/Böcekler (Yaşamın Temel Kuralları) Genel Biyoloji /Genel Zooloji - Cilt I Kısım II. <https://www.nadirkitap.com/yasamin-temel-kurallari-genel-biyoloji-genel-zooloji-cilt-i-kisim-ii-ali-demirsoy-kitap37765538.html>.

- Demirsoy, A., (2017). Renklerin Kökeni. Asi Kitap 53, 1. Baskı Ekim 2017 İstanbul.
- Doğaroğlu, M. (1985). Bitkisel üretimde verimliliği artırmada bal arısının yeri ve önemi. *Yem Sanayi Dergisi*, 48: 11–15.
- Ebi, K., Campbell-Lendrum, D, Wynn, A. (2015). The 1.5 health report. synthesis on health and climate science in the IPCC SR1.5 https://cdn.who.int/media/docs/default-source/climate-change/who-the-1-5-healthreport.pdf?sfvrsn=61b2098_3&download=true
- Ekici, T., Gölgeli, A. (2021). Geleneksel ve tamamlayıcı tıpta apiterapi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*. 30 (2):200-203.
- Eltz, S. (1995). İzmir ilinde çirişotu (*Asphodelus microcarpus* Viv.) üzerinde yaşayan *Capsodes infuscatus* (Brul.) (Heteroptera: Miridae)’un morfolojisi, biyolojisi ve zarar şekilleri üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İzmir. 84 s.
- Gösterit, A., Gürel, F. (2005). *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) arılarının yayılmasının ekosistem üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5 (3): 115 – 121.
- Gülperçin, N. (2023). Biyotasarımda yeni bir perspektif: Böcekler. *Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi (IJFAA)* 3(2): 59-74.
- Güneş, E., Sormaz, Ü., Nizamoğlu, F., (2017). Gıda ve Turizm Sektöründe Böcekler Yer Var mı? *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(1): 63-75.
- Herbst, D. B., (1990). Distribution and abundance of the alkali fly (*Ephydra hians*) Say at Mono Lake, California (USA) in relation to physical habitat. *Hydrobiologia*, 197 (1):193-205. DOI: 10.1007/BF00026950
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *Society of Nutrition and Food Science*, 18:1-11.
- Izaki, I., Maestro, N., Meir, D., Broza, M., (1996). Impact of the mirid bug *Capsodes infuscatus* (Hemiptera: Miridae) on fruit production of the geophyte *Asphodelus aestivus*: The effect of plant density. *The Florida Entomologist*, 79(4): 510-520.
- İmer, Z., (2005). Miladi dönem öncesi Orta Asya’da ipek. *Bilgi*, 32:1-32.
- Jankielsohn, A., (2018). The importance of insects in agricultural ecosystems. *Advances in Entomology*, 6: 62-73.
- Kansu, İ. A. (1982). Hasatlık ve zararlılarla savaş yoluyla bitkisel üretimin artırılması olanakları. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(4):198-209.
- Khanbabae, K., van Ree, T., (2001). Tannins: classification and definition. *Natural Product Reports*, 18: 641-649.
- Kılınçer, N., Yiğit, A., Kazak, C., Er, M. K., Kurtuluş A. Uygun, N. (2010). Teoriden pratiğe zararlılarla biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*. 1 (1): 15-60.

- Koçlu, T., Karsavuran, Y. (1996). Zararlıların neden olduğu ürün kayıplarını belirleme yöntemleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 20(4):309-320.
- Kozeretska1, I., Sergal, S., Kovalenko P., Gorobchyshyn, V., Convey, P., (2022). *Belgica antarctica* (Diptera: Chironomidae): A natural model organism for extreme environments. *Insect Science* (29): 2–20.
- Kuday, I. (2009). Tasarım sürecinin destekleyici faktör olarak biyomimikri kavramının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 19.
- Liceaga, A. M., (2022). Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times. *Advances in Food and Nutrition Research*, 101: 129-152. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.04.002>.
- Macqueen, A., Doube, B. M. (1988). Emergence, host finding and longevity of adult *Haematobia irritans exigua* de Meijere (Diptera: Muscidae). *Australian Journal of Entomology*, 27(3):167-174.
- Méndez-Gallegos, S., Panzavolta, T., Tiberi, R., (2003). Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchota: Dactylopiidae): significance, production and use. *Advances in Horticultural Science*, 17 (3): 165–171.
- Narins, P. M., (2001). In a fly's ear. *Nature*, 410: 644-645.
- Odabaş, E., Günbey, B., Zengin Y., Sarıkaya H. A., (2020). Dünya’da ve Anadolu’da ipek böceğinin yolculuğu. *Journal of Animal Science and Products (JASP)*. 3 (1):75-84.
- Önder, F., Atalay, R. (1977). Tarımsal savaşa karar vermede rol oynayan faktörler. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 1(2):39-51.
- Önder, F. (2004). Hayvansal Zararlıların Popülasyon Ekolojisi. E. Ü. Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri; Bornova-İzmir, (ISBN 975-98739-1-9).
- Örük, G., Engindeniz, S. (2019). Muğla İlinde Örtüaltı Domates Üretiminin Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 56(3):345-358
- Özbek, H. (2008). Türkiye’de ılıman iklim meyve türlerini ziyaret eden öcek türleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(3): 92-103.
- Özpinar A., Yazmış E., Ali B., Şahin A. K. (2020). Determination of some biological parameters of *Capsodes infuscatus* Brulle on summer asphodel (*Asphodelus aestivus* Brot.) in pastures of Canakkale Province. *Entomological Research*, 50 (12):601-608.
- Ozpinar, S. (2022a). Analysis of energy of different olive cultivation systems in a semiarid region. Faculty of Agriculture Institute of Agricultural Engineering. *Scientific Journal Agricultural Engineering*, 47(2):58-71.
- Ozpinar, S. (2022b). A comparative study on energy use of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under mechanized cropping systems in West of Turkey. *Scientific Journal Agricultural Engineering*, 47(3): 23-41.

- Özpınar, S. (2023 a). Soil properties in sloping and flat olive orchards in rainfed Mediterranean conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54 (12):1686–1698.
- Özpınar, S. (2023b). Analysis of energy use efficiency and greenhouse gas emission in rainfed canola production (Case study: Çanakkale Province, Turkey). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 197-210.
- Öztürk, G., Akat Çömden, E., Arkan, H., 2024. Characterization of hemocyte types in *Bombyx mori* throughout pupa, larva, and adult stages by light microscopy. *Biharean Biologist*, 18(1):12-18.
- Paz-Bailey, G., Adams, L. E., Deen, J., Anderson, K. B., Katzelnick, L.C. (2024). Dengue: the threat to health now and in the future. *The Lancet*, 403 (10477):667-682. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02576-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02576-X)
- Pénzes, Z., Tang, C.T., Stone, G.N., Nicholls, J.A., Schwéger, S., Bozsó, M., Melika, G. (2018). Current status of the oak gallwasp (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) fauna of the Eastern Palaearctic and Oriental Regions. *Zootaxa*, 4433 (2): 245-289.
- Ridsdill-Smith, T. J., Matthiessen, J. N. (1988). Bush fly, *Musca vetustissima* Walker (Diptera: Muscidae), control in relation to seasonal abundance of scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in south-western Australia. *Bulletin Entomology Research*, 78: 633-639.
- Ritchie, H. (2022). How many species are there? <https://ourworldindata.org/team/hannah-ritchie>
- Roberston, H. G. (1989). Seasonal temperature effects on fecundity of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Pyralidae): differences between South Africa and Australia. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 52 (1):71-80.
- Roque-Rodríguez, F. J. (2022). Controlled mass rearing of cochineal insect (Hemiptera: Dactylopiidae) using two laboratory-scale production systems in Peru. *Journal of Insect Science*, 22 (1):1-12.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17:1-11.
- Saruhan, İ., Tuncer, C. (2010). Kültürel entomoloji. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 25(1): 21-27.
- Sevilmiş, U., Seydoşoğlu, S., Tugay Ayaşan, T., Bilgili B., Sevilmiş, D. (2019). Siyah asker sineğinin (*Hermetia illucens* L.) yem kaynağı olarak değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4): 2379-2389.
- Sharma, H. C. (2014). Climate change effects on insects: implications for crop protection and food security. *Journal of Crop Improvement*, 28 (2): 229-259.

- Stork, N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on earth? *Annual Review of Entomology*, 7:63:31-45.
- Tirado, R., Simon, G., Johnston, P. (2013). Bees in decline: A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk. *Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review)*, 1:1-48.
- Yazmış, E., Özpınar, A. (2019). Çiriş otu (*Asphodelus aestivus* Brot.) ile biyolojik mücadelede *Capsodes infuscatus* Brulle'un kullanım olanağının araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 10 (2):93-103.
- Yaşar, B. (2018). Ziraat Mühendisliğinde Bitki Koruma. Isparta, Editör: Prof. Dr. Bülent Yaşar, 1. Baskı- 21 Eylül 2018, ISBN: 978-605-83004-4-6.
- Yıldırım, E. (2009). Kentsel Entomoloji. Halk Sağlığı ve Haşere Kontrol Derneği Yayınları No:1.Yavuzlar Matbaası, İstanbul.
- Yurtoğlu, N., (2018). Cumhuriyet döneminde Türkiye’de ipek böcekçiliği (1923-1950). *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 17(34):159-189.
- Wang, K., Zhang, B., Zhang, W., Yan, J. L., Wang, R., (2008). Antitumor effects cell selectivity and structure–activity relationship of a novel antimicrobial peptide polybia-MPI. *Peptides*, 29: 963–968.
- Wysoki, M., van der Berg, M. A., Ish-Am, G., Gazit, S., Pena J. E., Waite G. K., (2002). Pests and Pollinators of Avocado. p: 223-295, In Tropical Fruit Pests and Pollinators. Edited by Pena, J. E., Sharp L. L., Wysoki M. CABI Publishing CAB International Wallingford, OX108DE UK.

BÖLÜM 3

TARIMDA DİJİTALLEŞME ÜZERİNE BİLİMSEL YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK KARŞILAŞTIRMASI: KÜRESEL VE TÜRKİYE ODAKLI İNCELEME

Doç. Dr. Mehmet AYDOĞAN⁶

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493739>

⁶ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Malatya, Türkiye. mehmet.aydogan@ozal.edu.tr, orcid id: 0000-0001-8427-5412

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, gıda üretiminde verimlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılığı artırma ihtiyacının öncülüğünde dijitalleşmeyle derin bir dönüşüm geçirmektedir (Kolmykova vd., 2021). Hassas tarım, nesnelerin interneti, uzaktan algılama ve veri analitiğini kapsayan dijital teknolojiler, dünya çapında tarımsal uygulamalara hızla nüfuz ederek kaynak kullanımını optimize etmeyi, ürün verimini artırmayı ve çevresel etkiyi en aza indirmeyi hedeflemektedir (Finger, 2023). Bilgi ve İletişim Teknolojileri ile veri ekosistemlerinin entegrasyonu, 'Dijital Dünya' kavramını yansıtarak tarımsal kalkınmayı desteklemek için önemli bir süreçtir (Pandya vd., 2019). Bu dönüşüm özellikle artan küresel gıda talebi, iklim değişikliği sorunları ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi zorunluluğu karşısında önem kazanmaktadır (Balkrishna vd., 2023; Balyan vd., 2024). Tarımda dijitalleşme, Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlar tarafından çiftlik verimliliğinin artırılması, tarımda kimyasal kullanımının azaltılması ve çiftçiler için daha iyi karar alma mekanizmaları yoluyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması için umut verici bir yol olarak görülmektedir (Lioutas vd., 2021). Bu teknolojiler toprak koşulları, hava durumu ve ürün sağlığıyla ilgili verilerin toplanmasını ve analiz edilmesini kolaylaştırarak çiftçilerin sulama, gübreleme ve haşere kontrolüyle ilgili bilinçli kararlar almasını sağlamaktadır (Reis vd., 2020). Dijital tarımın yükselişi, farklı bölgeler ve ülkeler arasında gözlemlenen farklılıklarla birlikte hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır.

1.1. Tarımda Dijitalleşmenin Güncel Görünümü

Günümüzde tarım sektörü, meteoroloji istasyonları, insansız hava araçları ve uydulardan elde edilen verilerin yanı sıra toprak koşulları, hayvan sağlığı, ürün gelişimi ve hava durumu gibi çeşitli faktörler hakkında veri toplamanın azalan maliyetiyle beslenen dijital bir devrim yaşamaktadır (Weersink vd., 2018). Tarımda dijital teknolojilerin uygulanması, temel çiftlik yönetim sistemlerinden sofistike veri odaklı platformlara kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır (Reis vd., 2020). Yapay zekâ, tarım ve gıda üretiminde giderek daha fazla uygulanmakta, otomatik yöntemler ve daha verimli çiftlik

operasyonları sağlamaktadır (Dara vd., 2022). Tarımsal IoT sistemleri tarafından gerçek zamanlı olarak üretilen zengin veri, hassas tarımın temelini oluştururken, büyük veri analizi endüstri düzenini optimize etmekte ve makro düzeyde politika formülasyonunu desteklemektedir (Xing & Wang, 2024). Bu gelişmeler, sensörler, iletişim ağları, bulut bilişim ve veri analitiği dahil olmak üzere çeşitli temel teknolojilerin yakınsaması ile kolaylaştırılmaktadır (Abiri vd., 2023). İleri teknolojilerin kullanımı, çiftlik operasyonlarını daha anlayışlı ve verimli hale getirerek tarım sektörünü dönüştürmektedir (Dara vd., 2022). Dijital teknolojilerin benimsenmesi, tarımsal ürünler için çevrimiçi pazar yerleri, çiftçiler için kredi platformları ve hassas tarım araçları için abonelik tabanlı hizmetler gibi tarımda yeni iş modellerinin geliştirilmesini de teşvik etmektedir.

1.2. Dijital Tarımda Küresel Eğilimler ve Farklılıklar

Dijital tarımdaki eğilimler, teknolojik altyapı, hükümet politikaları ve tarım sektörünün yapısı gibi faktörlerden etkilenerek farklı bölgeler arasında önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Kuzey Amerika ve Avrupa gibi gelişmiş teknolojik altyapıya sahip bölgelerde, büyük ölçekli tarımsal operasyonları optimize etmek için veri analitiği, yapay zekâ ve otomasyondan yararlanmaya odaklanılmaktadır. Akıllı tarım, dijital çağda sürdürülebilirliği sağlamak için pazarlar ve politikaların yanı sıra çeşitli bitkisel üretim ve hayvancılık sistemlerini entegre ederken, veri sahipliği ve Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) tarafından kaydedilen verilerin kullanımına ilişkin kritik soruları da ele almaktadır. Buna karşılık, gelişmekte olan ülkelere, bilgiye erişimi iyileştirmek, pazar bağlantılarını geliştirmek ve küçük çiftçiler için finansal katılımı teşvik etmek için mobil teknolojilerin ve temel dijital araçların kullanılması üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, dijital teknolojilerin uygulanması tarımsal verimliliği artırarak, yeni iş fırsatları yaratarak eğitim ve sağlık hizmetlerine erişimi iyileştirmekte ve kırsal kalkınmaya katkıda bulunmaktadır. Dijital teknolojilerin benimsenme oranlarındaki farklılıklar tarım sektörünün yapısından da etkilenmektedir; büyük ölçekli ticari çiftliklerin gelişmiş teknolojileri benimseme olasılığı küçük ölçekli çiftliklere göre daha yüksektir. Teknoloji ve bilgiye eşit erişim, daha verimli, üretken ve çevre dostu tarım uygulamalarına yol açmaktadır (Zambrano vd., 2023).

Avustralya "dijital tarım" kavramını benimserken, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) sıklıkla "hassas tarım" terimini kullanmakta ve "veri odaklı tarım" veya "Tarım 4.0" gibi diğer terimlerle de karşılaşmaktadır (Kosior, 2020). Kontrollü çevre tarımı; sensörler, robotlar ve dijital iletişim gibi dijital teknolojiler giderek daha fazla uygulamaktadır (Bahn vd., 2021). Hassas tarımın küresel olarak benimsenmesi, verimliliği artırma, çevresel etkileri azaltma ve sürdürülebilirliği teşvik etme zorunluluğu tarafından desteklenmektedir (Getahun vd., 2024). Tarımda dijital teknolojilerin benimsenmesi, çiftlik büyüklüğünden etkilenmektedir; daha büyük çiftlikler genellikle bu teknolojilere yatırım yapmak için daha fazla kaynağa sahiptir. Dijital teknolojilerin benimsenmesi, farklı tarımsal alt sektörler arasında da farklılık göstermekte olup meyve-sebze yetiştiriciliği ve süt hayvancılığı gibi bazı sektörler, dijital araçların kullanımında diğerlerine göre daha ileri düzeydedir.

Tarımda dijitalleşmenin potansiyel faydaları önemli olmakla birlikte, başarılı ve adil bir şekilde uygulanmasını sağlamak için ele alınması gereken çeşitli zorluklar da bulunmaktadır. Bu engeller yüksek uygulama maliyetleri, teknik yeterlilik eksikliği, veri yönetimindeki zorluklar, altyapı ve iletişimdeki kısıtlamaları kapsamaktadır (Parra-López vd., 2025). Veri gizliliği ve güvenliği de önemli bir endişe kaynağı olup veriye dayalı teknolojilere artan bağımlılık, verilerin kime ait olduğu ve nasıl kullanıldığına dair soruları gündeme getirmektedir. Tarımda dijitalleşmenin potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için hükümetler, akademi ve özel sektörün dahil olduğu işbirlikçi çabalar hayati önem taşımaktadır.

1.3. Türk Tarımında Dijitalleşme

Türkiye'de tarımın dijitalleşmesi, ülkenin çeşitlilik arz eden tarımsal yapısından ve sektörü modernize etmeye yönelik devam eden çabalarından etkilenen benzersiz bir dizi fırsat ve zorluk sunmaktadır. Türkiye'nin tarım sektörü, farklı bölgelerde üretilen çok çeşitli bitkisel ve hayvansal üretimi ile küçük çiftliklerin ve daha büyük ticari çiftliklerin bir karışımı ile karakterize edilmektedir. Türkiye'de kamu kurumları ve çeşitli girişimler destek programları aracılığıyla tarımda dijital teknolojilerin benimsenmesini aktif olarak teşvik etmektedir. Bu kapsamda, Tarım ve Orman Bakanlığı, dijital teknolojileri çiftlik yönetiminden pazarlamaya kadar tarımsal üretimin tüm

yönlerine entegre etmeyi amaçlayan "Dijital Tarım Vizyonu" programını başlatmıştır. Bu programın bir parçası olarak bakanlık, hassas sulama sistemleri, drone tabanlı ürün izleme ve çiftlik yönetimi yazılımı gibi dijital teknolojilere yatırım yapan çiftçilere sübvansiyon ve hibe sağlamaktadır. Başarılı örneklerden biri, Harran Ovası'nda önemli ölçüde su tasarrufu ve ürün veriminde artış sağlayan akıllı sulama sistemlerinin uygulanmasıdır. Bir başka örnek ise çiftçilere hava koşulları, piyasa fiyatları ve haşere salgınları hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak daha bilinçli kararlar almalarına olanak tanıyan mobil uygulamaların kullanılmasıdır. Ayrıca kamu otoritesi geniş bant internet erişiminin yaygınlaştırılması ve tarımsal veri merkezlerinin kurulması da dahil olmak üzere kırsal alanlarda dijital altyapının geliştirilmesine yatırım yapmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Bilgi Sistemi (TARBİL), Dijital Tarım Pazarı (DİTAP), Dijital Tarım İhtisas Kütüphanesi gibi birçok hizmeti çevrimiçi olarak sunmakta, birçok sistemini dijitalleştirmiş olup çeşitli e-devlet hizmetleri sunmaktadır. Bakanlık bünyesinde geniş çaplı veri tabanları bulunmakla birlikte, bu verilerin birlikte çalışabilirliği oldukça sınırlıdır (Höllinger & Sener, 2025). Diğer taraftan Ziraat Bankası, tarımsal mekanizasyon, sulama modernizasyonu ve sera geliştirme için sunduğu çeşitli düşük faizli kredi olanaklarıyla, uygun dijital teknoloji yatırımlarını da desteklemektedir. Bu çabalar, Türkiye'de veri odaklı bir tarım sektörü yaratmayı amaçlamaktadır. Ancak bu çabalara rağmen, Türk tarımında dijital teknolojilerin benimsenmesi hala daha gelişmiş ekonomilerin gerisindedir. Bu durum kısmen tarımdaki küçük çiftçi ve ticari kesimler arasındaki teknolojik ve kaynak farklılıklarından kaynaklanmaktadır (OECD, 2016). Türk tarımında dijital teknolojilerin yaygın olarak benimsenmesinin önündeki önemli bir engel, çiftçiler arasında dijital okuryazarlık ve teknik beceri eksikliğidir (Çetindamar, 2007). Bu zorluğun üstesinden gelmek için hükümet ve çeşitli kuruluşlar, çiftçilerin dijital araçları nasıl etkili bir şekilde kullanacaklarını öğrenmelerine yardımcı olmak için eğitim programları ve yayım hizmetleri sağlamaktadır. Özellikle kırsal alanlardaki dijital uçurum, hükümetin çabalarına rağmen çiftçilerin farkındalığını ve mevcut tarımsal verilere erişimini engellemektedir (Raikar & Gawade, 2017).

1.4. Tarımda Dijitalleşmenin Bibliyografik Analizi

Tarımda dijitalleşmenin mevcut durumunu değerlendirmek, bu alanda üretilen bilimsel yayınların sistematik bir şekilde analiz edilmesiyle mümkün olabilmektedir. Akademik çalışmalar yalnızca bilimsel eğilimleri değil, aynı zamanda ülkelerin dijital tarım konusundaki kurumsal kapasitesini, politika önceliklerini ve uygulama düzeylerini de yansıtmaya potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, tarımda dijitalleşmeye yönelik yayınların incelenmesi hem küresel ölçekteki eğilimleri hem de Türkiye özelindeki gelişmeleri karşılaştırmalı olarak değerlendirme olanağı sunmaktadır. Bu çalışmada da söz konusu karşılaştırma üzerinden benzerlikler ve farklılıklar ortaya konularak, dijital tarım literatürüne ilişkin özgün bir perspektif geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Son yıllarda dijital tarım literatüründe gözlenen hızlı artış, araştırmacıların, politika yapıcılarının ve sektör paydaşlarının bu alana yönelik ilgisinin önemli ölçüde yükseldiğini göstermektedir (Fielke vd., 2020). Literatürdeki yayınların büyük bölümü, dijital teknolojilerin tarımsal üretkenlik, girdi kullanım verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Ancak bu artışa rağmen, dijital tarım alanında hâlâ önemli araştırma boşlukları ve metodolojik sınırlılıklar bulunduğu görülmektedir.

Bu çerçevede yürütülecek kapsamlı bir bibliyografik analiz, birkaç açıdan bilimsel katkı sunma potansiyeline sahiptir. İlk olarak, mevcut literatürdeki tematik eğilimlerin, bilgi boşluklarının ve gelişme alanlarının sistematik olarak belirlenmesini sağlayarak araştırma alanına bütüncül bir bakış sunar (Xu vd., 2024). Bu durum hem tekrar eden çalışmaların önlenmesine hem de gelecekteki araştırmaların daha stratejik şekilde yönlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Gupta vd., 2020). İkinci olarak, bibliyografik analiz, dijital teknolojilerin tarımın çeşitli boyutlarındaki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeye imkân tanır; böylece alana dair daha sağlam ve genellenebilir sonuçlara ulaşılabilir (Debauche vd., 2021). Üçüncü olarak ise, literatürün coğrafi dağılımının haritalanması yoluyla, dijitalleşmenin hangi bölgelerde yoğun biçimde incelendiği ve hangi alanlarda araştırma eksikliği bulunduğu ortaya koyulabilir (Jeske vd., 2021). Bu, dijital tarımın küresel ölçekte daha kapsayıcı ve dengeli gelişmesini sağlamak açısından stratejik önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bibliyografik analizler yalnızca akademik bir

envanter sunmakla kalmaz, aynı zamanda politika yapıcılara ve uygulayıcılara yönelik bilgi temelli kararlar geliştirme olanağı da sağlamaktadır (Basir vd., 2024).

Bu bağlamda, çalışma, tarımda dijitalleşmeye ilişkin mevcut bilgi birikimini sistematik biçimde analiz ederek hem küresel düzeydeki eğilimleri hem de Türkiye bağlamındaki özgün gelişmeleri karşılaştırmalı olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırmanın temel hedefi, dijital tarım literatüründeki tematik yönelimleri, metodolojik yaklaşımları ve coğrafi dağılımları inceleyerek alandaki güçlü ve zayıf yönleri görünür kılmaktır. Böylece, dijitalleşmenin verimlilik, sürdürülebilirlik ve kırsal kalkınma üzerindeki etkileri bilimsel bir çerçevede değerlendirilecek; Türkiye'nin küresel eğilimler karşısındaki konumu somut veriler ışığında tartışılacaktır. Çalışmanın gerekçesi, dijital tarım konusunda hızla büyüyen literatürde mevcut boşlukları belirlemek, politika yapıcılar ve araştırmacılar için yol gösterici olabilecek kanıta dayalı çıkarımlar üretmek ve Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecine ilişkin özgün bir perspektif kazandırmaktır.

2. METODOLOJİ

Bu çalışma, Türkiye odaklı bir perspektifle dijital tarım alanındaki akademik üretimi küresel bağlamda değerlendirmek amacıyla bibliyometrik analiz yöntemini kullanmaktadır. Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların nicel olarak incelenmesine olanak tanıyan sistematik bir yöntem olup, araştırma eğilimlerinin belirlenmesi, akademik etkilerin ölçülmesi ve bir alanın entelektüel yapısının görselleştirilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu bağlamda çalışma hem atıf analizleri hem de ortak yazarlık analizleri aracılığıyla dijital tarım literatüründeki etkili makaleleri, dergileri, kurumları ve ülkeleri belirlemeyi; aynı zamanda araştırmacılar ve kurumlar arasındaki işbirliği yapılarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Analizin ilk aşamasında, kapsamlı ve güvenilir bir veri seti oluşturmak üzere Web of Science (WoS) veri tabanında bir tarama gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sorgu, “*TS = (agriculture OR farming OR ‘agricultural sector’ OR ‘agri-food’) AND TS = (‘digitalization’ OR ‘digitization’ OR ‘digital transformation’ OR ‘ICT’ OR ‘smart technologies’ OR ‘artificial intelligence’ OR ‘IoT’ OR ‘machine learning’ OR ‘big data’ OR ‘automation’)*” şeklinde

yapılandırılmıştır. Bu sorgu sonucunda SCI, SCIE, SSCI ve ESCI endekslerini kapsayan 2020-2025 dönemi için iki ayrı veri kümesine ulaşılmıştır. Türkiye dışı ülkelerden elde edilen 11.576 araştırma makalesi ile yalnızca Türkiye kaynaklı olan 392 araştırma makalesi analize dahil edilmiştir. Elde edilen veriler, tanımlayıcı istatistiksel analizler ve ağ analizleri aracılığıyla değerlendirilmiş; böylece dijital tarım alanındaki bilimsel üretimin niceliksel büyüklüğü, tematik çeşitliliği ve uluslararası işbirliği örüntüleri sistematik biçimde ortaya koyulmuştur. Verilerin analizi R programında Bibloshiny ile yapılmıştır (Aria & Cuccurullo, 2017).

3. BULGULAR

3.1. Yayın Sayıları

Dünya genelinde tarımda dijitalleşme üzerine yapılan yayın sayılarının yıllık büyüme hızı %16.4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Dünya genelinde tarımda dijitalleşme üzerine 2139 farklı kaynaktan, 40.670 yazar tarafından 11.576 bilimsel çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmaların 428'i tek yazar tarafından kaleme alınmış, makale başına ortalama 5.3 yazar düşmekte ve makalelerde küresel işbirliği %33.0 olarak gerçekleşmiştir. Makalelerin ortalama yaşı 2.1 olup makale başına ortalama 12.8 atıf alınmıştır. Türkiye kaynaklı tarımda dijitalleşme çalışmaları incelendiğinde, 242 farklı kaynaktan 3798 farklı yazar tarafından 242 makale yayınlanmıştır (Şekil 2). Makalelerin 45'i tek yazarlı olup makale başına yazar sayısı 10.6'dır. Türkiye kaynaklı makalelerde uluslararası işbirliği oranı %25.7 olup küresel ölçekteki makalelerde yapılan işbirliği oranından daha düşüktür. Türkiye kaynaklı makaleler görece olarak daha yeni olup (1.68 yaş) makale başına ortalama 10.7 alıntıya sahiptir. Türkiye kaynaklı tarımda dijitalleşme konusunda yapılan çalışmaların yıllık büyüme hızı bu konuda yapılan küresel ölçekteki çalışmaların büyüme hızından daha fazladır. Bu durum, Türkiye'nin bu alandaki farkındalığının son dönemde arttığını ve akademik ilgide ivmelenme yaşandığını ortaya koymaktadır. Ancak Türkiye'deki yayın sayısı, dünya geneline göre hâlâ sınırlıdır. Bu, araştırma kaynaklarının ve işbirliklerinin artırılması gerekliliğine işaret etmektedir.

Dünya genelinde gözlenen belirgin yayın artışı, tarım sektörünün dijital dönüşümünün bilimsel alanda güçlü bir şekilde yankı bulduğunu

göstermektedir. Bu dönemde özellikle yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), sensör teknolojileri ve veri temelli tarım uygulamaları üzerine yapılan araştırmalarda ciddi bir artış gözlenmektedir. Bu artışta Avrupa Birliği'nin Horizon 2020 gibi büyük araştırma fonları etkili olabilir. Türkiye özelinde ise artışın son yıllarda hızlanması, ulusal dijital tarım stratejilerinin (Dijital Tarım Pazarı- DİTAP, e-Tarım portalları vb.) hayata geçirilmesiyle paralellik göstermektedir. Ancak yayın sayısının düşük kalması, Türkiye'nin araştırma altyapısındaki eksiklikler, uluslararası yayınlarda görünürlük sorunları ve disiplinlerarası ekip kurulumlarındaki yetersizliklerle açıklanabilir.



Şekil 1. Dünya genelinde yapılan yayınlara ilişkin genel bilgi

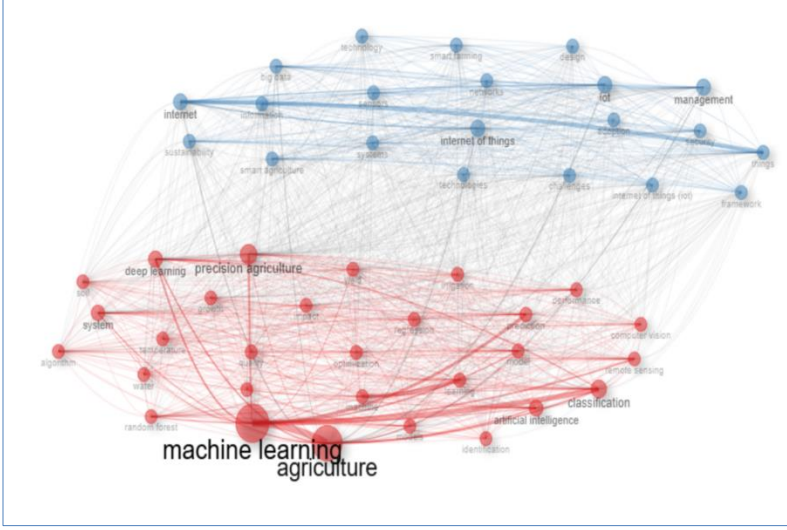


Şekil 2. Türkiye kaynaklı yapılan yayınlara ilişkin genel bilgi

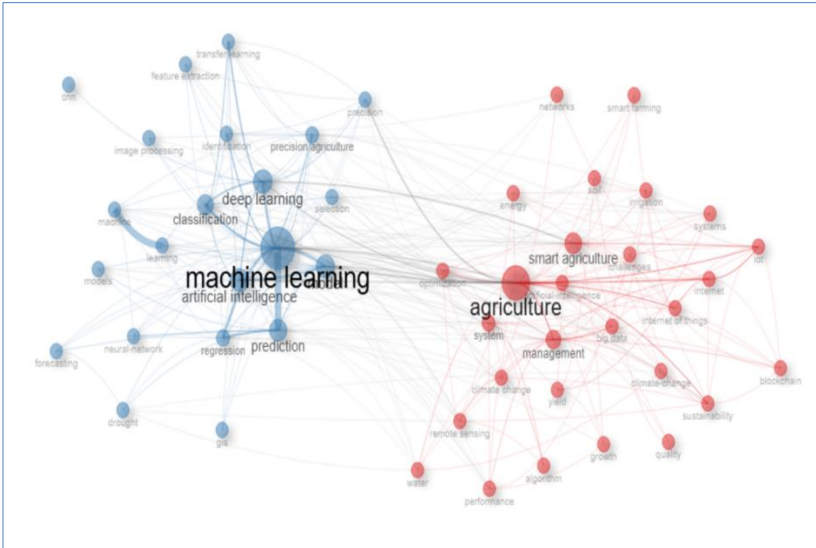
3.2. Kavramsal Çerçevenin Analizi

Dünya genelinde yapılan yayınlarda kullanılan kavramsal çerçeve; makine öğrenmesi, veri analitiği, yapay zekâ, uzaktan algılama ve hassas tarım gibi çok çeşitli iç içe geçmiş temaları içermektedir (Şekil 3). Bu yapı, alanın disiplinlerarası doğasını ve teknolojik çeşitliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Öte yandan Şekil 4'te görülen Türkiye merkezli yayınların kavramsal yapısının iki temel temadan oluştuğu görülmektedir. Birinci temada makine öğrenmesi, yapay zekâ, tahminleme ve derin öğrenme gibi dijitalleşmenin teknoloji kısmı

vurgulanırken ikinci temada tarım, akıllı tarım ve yönetim gibi daha çok uygulamaya yönelik kavramlar kullanılmaktadır. Bu durum, Türkiye'deki çalışmaların daha çok uygulamaya dönük olduğunu ve teorik derinlikten ziyade somut faydaya yöneldiğini göstermektedir.



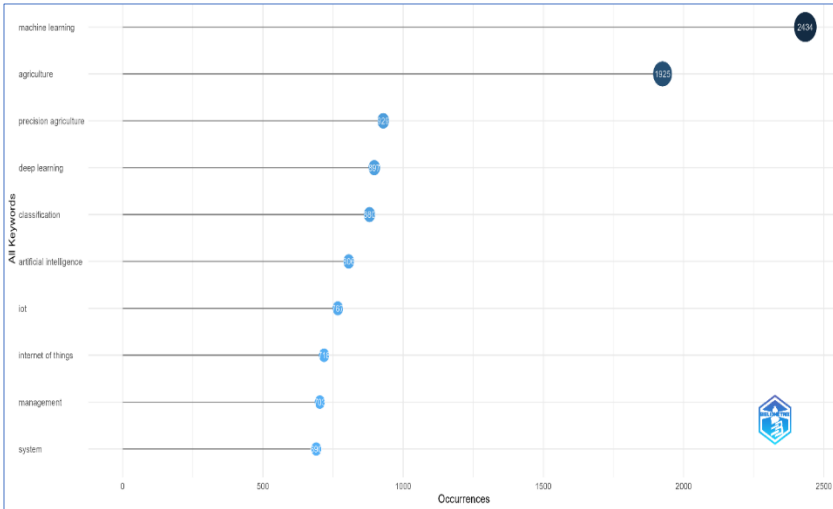
Şekil 3. Dünya genelinde yapılan yayınlara ilişkin kavramsal yapı



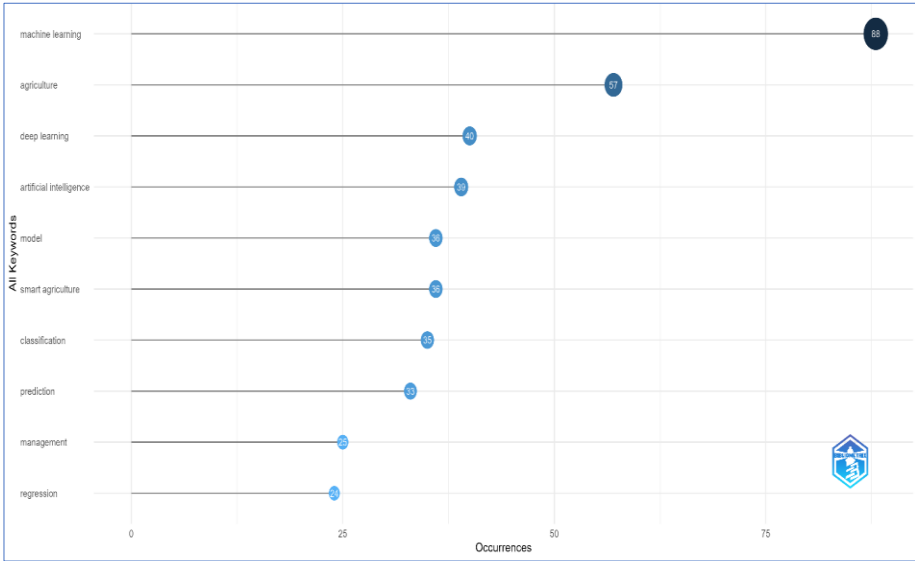
Şekil 4. Türkiye kaynaklı yapılan yayınlara ilişkin kavramsal yapı

3.3. İlgili Kelimeler

Dünya genelindeki yayınlarda en sık rastlanan anahtar kelimeler arasında “hassas tarım”, “Nesnelerin interneti”, “Makine öğrenmesi” ve “sürdürülebilirlik” gibi kavramlar yer almaktadır. Bu, araştırma alanının teknoloji ve çevresel sürdürülebilirlik bağlamında yoğunlaştığını göstermektedir. Anahtar kelimelerin zaman içerisinde değişimi incelendiğinde “tarım” ve “makine öğrenmesi” kavramlarının kullanımının 2022 yılına kadar aynı düzeyde arttığı ancak 2022 yılından sonra “makine öğrenmesi” kavramının kullanımının ivme kazandığı görülmektedir. Şekil 6’daki Türkiye verilerine bakıldığında, “makine öğrenmesi”, “tarım”, ve “hassas tarım” gibi kavramlar öne çıkmaktadır. Türkiye kaynaklı yayınlarda kullanılan anahtar kelimelerin zaman içerisinde değişimi incelendiğinde sık kullanılan anahtar kelimeler olan yapay zeka, sınıflandırma, derin öğrenme, makine öğrenmesi, yönetim, model, tahmin ve akıllı tarım kavramlarının artış hızının 2020-2021 yılları arasında aynı düzeyde olduğu, 2021-2022 yılları arasında “tarım” ve “makine öğrenmesi” kavramlarının pozitif ayrıştığı, 2022 yılından sonra “makine öğrenmesi” kavramının daha fazla önem kazandığı görülmektedir. Türkiye kaynaklı çalışmalar ve diğer çalışmalar arasındaki bu benzerlik, Türkiye’deki araştırmacıların gündeminin küresel gündemle aynı olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Dünya genelinde yapılan yayınlara ilişkin ilgili kelimeler



Şekil 6. Türkiye kaynaklı yapılan yayınlara ilişkin ilgili kelimeler

Küresel ve Türkiye kaynaklı çalışmaların anahtar kelimelerinden oluşturulan kelime bulutu görselleri Şekil 7 ve Şekil 8’de verilmiştir. İki kelime bulutu karşılaştırıldığında, tarımda dijitalleşmeye ilişkin küresel ve Türkiye odaklı literatürün tematik yönelimlerinde dikkate değer farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Ortak olarak öne çıkan kavramlar arasında *makine öğrenmesi*, *tarım*, *yapay zekâ*, *hassas tarım*, *derin öğrenme*, *tahmin*, *model* ve *büyük veri* gibi dijital tarım araştırmalarının çekirdek alanlarını temsil eden terimler bulunmaktadır. Bu durum, her iki literatürün de temel olarak yapay zekâ, veri analitiği ve dijital teknolojilerin tarımsal üretime entegrasyonu etrafında şekillendiğini göstermektedir.

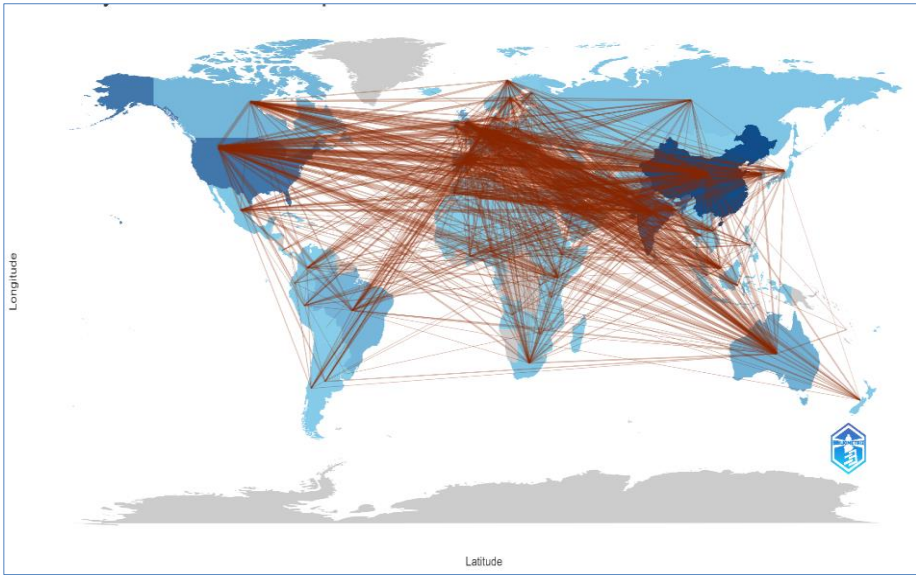
Bununla birlikte, görseller arasındaki farklılıklar literatürün odaklandığı alt temaların çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Şekil 7’de *sensörler*, *karar ağaçları*, *bilgisayar öngörüsü*, *güvenlik*, *adoption*, *impact* ve *sıcaklık* gibi kavramların öne çıkması dikkat çekmektedir. Bu durum, daha çok tarımsal üretimde kullanılan teknik araçlar, algoritmik çeşitlilik ve veri güvenliği gibi unsurlara yönelimi işaret etmektedir. Özellikle *karar ağaçları* ve *bilgisayar öngörüsü* gibi kavramlar, makine öğrenmesi yöntemlerinin sahaya uygulanmasına ilişkin teknik derinliği yansıtırken; güvenlik, tanımlama ve

enformasyon gibi terimler dijitalleşme sürecinde veri güvenliği ve bilgi yönetimine dair kaygıları gündeme getirmektedir. Şekil 8’de ise, *iklim değişikliği*, *blockzincir*, *sulama*, *kuraklık*, *enerji* ve *özellik ayıklama* gibi kavramların öne çıkması, çevresel sürdürülebilirlik, su yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadele konularına yönelik vurguyu yansıtmaktadır. Ayrıca, *sinir ağları* ve *performans* gibi terimler, makine öğrenmesi uygulamalarının performans değerlendirmeleriyle ilişkilendirildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, Şekil 7’nin daha çok teknik uygulamalar ve veri güvenliği odaklı bir eğilimi, Şekil 8’in ise çevresel sürdürülebilirlik ve iklim odaklı bir eğilimi temsil ettiği söylenebilir. Bu farklılaşma, Türkiye bağlamında tarımsal dijitalleşmenin iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik boyutlarıyla ilişkilendirilirken, küresel düzeyde daha çok algoritmaların pratik uygulamaları, sensör teknolojileri ve güvenlik meseleleri etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu bulgular tarımsal dijitalleşme literatüründe coğrafi farklılıkların yalnızca araştırma yoğunluğunu değil, aynı zamanda tematik yönelimleri de belirlediğini göstermektedir.

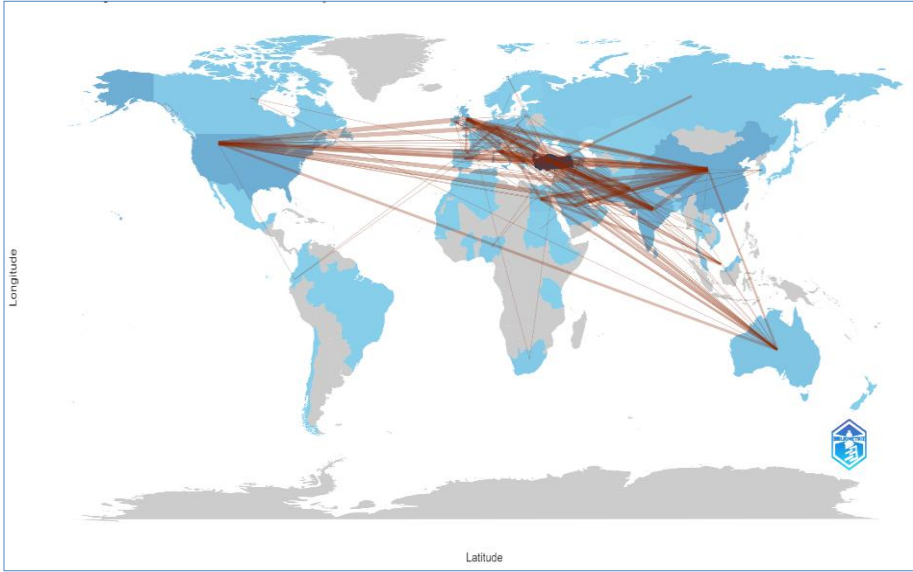


Şekil 7. Dünya genelinde yapılan yayınlara ilişkin kelime bulutu

zamanlı ilişkiler geliştirirken, Türkiye'nin bağlantısı daha ikili bir yapıya sahiptir. Küresel işbirliği ağında çok taraflı ve çok merkezli projelerin varlığı dikkat çekerken, Türkiye'nin işbirlikleri daha çok ikili düzeyde gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, Türkiye'nin Avustralya ile kurduğu bağlantı, küresel ölçekte küçük bir ayrıntı gibi görünse de Türkiye açısından Avrupa dışına açılma potansiyelini göstermesi bakımından önemlidir. Genel olarak değerlendirildiğinde, küresel işbirliği ağı daha geniş kapsamlı, yoğun ve dengeli bir dağılıma sahipken, Türkiye merkezli işbirliği daha dar, Avrupa odaklı ve belirli merkezlere bağımlı bir görünüm sergilemektedir. Ancak bu durum aynı zamanda Türkiye için stratejik fırsatlar da barındırmaktadır. Özellikle Asya-Pasifik ve Afrika ile işbirliklerinin artırılması, çok taraflı uluslararası projelere daha fazla katılım sağlanması ve ABD dışındaki küresel aktörlerle daha dengeli ilişkiler kurulması, Türkiye'nin bilimsel ağılarda daha etkin bir konuma yükselmesine katkı sağlayacaktır.



Şekil 9. Dünya genelinde yapılan yayınlarda ülkeler arası işbirliği



Şekil 10. Türkiye kaynaklı yapılan yayınlarda ülkeler arası işbirliği

4. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, tarımda dijitalleşme konusundaki bilimsel yayınları küresel ölçekte ve Türkiye özelinde karşılaştırmalı biçimde analiz ederek, alanın mevcut yapısını, eğilimlerini ve gelişim potansiyelini ortaya koymuştur. Bulgular, dijitalleşmenin tarımsal üretim süreçlerine olan etkisinin hem akademik hem de uygulamalı düzeyde artan bir ilgiyle karşılandığını göstermektedir. Kavramsal analizler, küresel literatürün ileri teknolojiler (yapay zekâ, IoT, büyük veri) etrafında yoğunlaştığını; Türkiye’deki yayınların ise daha çok saha temelli uygulamalara odaklandığını göstermektedir. Bu durum, Türkiye literatüründe teorik çeşitliliğin sınırlı kaldığını ve kuramsal temelin güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

İşbirliği analizleri, gelişmiş ülkelerin çok merkezli uluslararası araştırma ağları kurduğunu gösterirken, Türkiye’nin bu ağlara sınırlı düzeyde dâhil olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye’nin dijital tarım konusundaki yayınları büyük ölçüde tek merkezli veya ulusal düzeyde kalmakta; bu da bilimsel görünürlüğün ve etki alanının dar kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, zamansal eğilimler incelendiğinde, küresel literatürde daha olgun ve evrilmiş kavramların öne çıktığı; Türkiye’de ise dijitalleşme terminolojisinin hâlâ erken aşamada gelişim gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bu değerlendirmeler ışığında, Türkiye'nin dijital tarım alanındaki potansiyelini etkin biçimde kullanabilmesi için çok boyutlu politika adımları gerekmektedir. Öncelikle, ileri dijital teknolojilere dayalı projelerin desteklenmesi amacıyla Ar-Ge yatırımlarının artırılması kritik öneme sahiptir. Buna ek olarak, kırsal bölgelerde dijital altyapının güçlendirilmesi, dijital tarım uygulamalarına erişimi yaygınlaştırmak ve dijital uçurumu azaltmak açısından öncelikli bir adımdır. Çiftçilere yönelik dijital okuryazarlık ve kapasite geliştirme programlarının yaygınlaştırılması, teknolojilerin etkin kullanımını destekleyecek ve benimsenmesini hızlandıracaktır. Bu sürecin başarısı, yalnızca kamu politikalarıyla değil; aynı zamanda üniversiteler, özel sektör ve çiftçi örgütleri arasında geliştirilecek çok paydaşlı işbirlikleriyle mümkündür. Ayrıca, veri güvenliği, mahremiyet, algoritmik şeffaflık ve çiftçi haklarının korunması gibi konulara yönelik etik ve yasal çerçevelerin oluşturulması, dijitalleşmenin adil, kapsayıcı ve sürdürülebilir biçimde gelişmesini sağlayacaktır.

Gelecekteki akademik çalışmaların, dijitalleşmenin yalnızca teknolojik yönleriyle sınırlı kalmayıp, sosyo-ekonomik, kültürel ve yönetim boyutlarını da kapsamı gerekmektedir. Özellikle Türkiye bağlamında, dijital tarımın kırsal kalkınma, gelir eşitsizliği, genç çiftçiler ve toplumsal cinsiyet üzerindeki etkilerinin araştırılması literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracaktır. Ayrıca, etik ve hukuki sorunlara odaklanan araştırmalar, dijitalleşme sürecinin güvenli ve hesap verebilir temeller üzerine inşa edilmesine katkı sunacaktır. Türkiye'nin dijital tarım konusundaki gelişimini küresel bağlamda değerlendirmek adına, karşılaştırmalı ülke analizleri ve zaman serilerine dayalı çalışmalar, politika yapıcılar için veri temelli ve sürdürülebilir karar süreçlerinin inşasında yol gösterici olabilir.

KAYNAKÇA

- Abiri, R., Rizan, N., Balasundram, S. K., Shahbazi, A. B., & Hamid, H. A. (2023). Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon*, 9(12), e22601. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22601>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bahn, R. A., Yehya, A. A. K., & Zurayk, R. (2021). Digitalization for sustainable Agri-Food systems: Potential, status, and risks for the MENA Region. *Sustainability*, 13(6), 3223. <https://doi.org/10.3390/su13063223>
- Balkrishna, A., Pathak, R., Kumar, S., Arya, V., & Singh, S. K. (2023). A comprehensive analysis of the advances in Indian Digital Agricultural architecture. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100318>
- Balyan, S., Jangir, H., Tripathi, S. N., Tripathi, A., Jhang, T., & Pandey, P. (2024). Seeding a sustainable future: Navigating the digital horizon of smart agriculture. *Sustainability*, 16(2), 475. <https://doi.org/10.3390/su16020475>
- Basir, Md. S., Buckmaster, D. R., Raturi, A., & Zhang, Y. (2024). From pen and paper to digital precision: A comprehensive review of on-farm recordkeeping. *Precision Agriculture*, 25(5), 2643. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10172-7>
- Çetindamar, D. (2007). Making use of biotechnology applications in Turkish agriculture: Why is it not yet happening? *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology*, 6(4-5), 576-591. <https://doi.org/10.1504/ijarge.2007.013512>
- Dara, R., Fard, S. M. H., & Kaur, J. (2022). Recommendations for ethical and responsible use of artificial intelligence in digital agriculture. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 884192. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.884192>
- Debauche, O., Trani, J.-P., Mahmoudi, S., Manneback, P., Bindelle, J., Mahmoudi, S. A., Guttadauria, A., & Lebeau, F. (2021). Data management and internet of things: A methodological review in smart farming. *Internet of Things*, 14, 100378. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2021.100378>
- Fielke, S., Taylor, B., & Jakku, E. (2020). Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*, 180, 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102763>
- Finger, R. (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics*, 50(4), 1277-1309. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>
- Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review. *The Scientific World Journal*, 2024, 126734, <https://doi.org/10.1155/2024/2126734>

- Gupta, P., Chauhan, S., Paul, J., & Jaiswal, M. (2020). Social entrepreneurship research: A review and future research agenda. *Journal of Business Research*, 113, 209-229. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.03.032>
- Höllinger, F. & Sener, B.S. (2025). Türkiye'de tarıma yönelik dijital teknolojiler- Bir inceleme. Ülke bazında öne çıkan yatırımlar, No. 25. Roma, FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd3185tr> (Erişim tarihi: 07/08/2025)
- Jeske, T., Würfels, M., & Lennings, F. (2021). Development of digitalization in production industry- Impact on Productivity, Management and Human Work. *Procedia Computer Science*, 180, 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.358>
- Kolmykova, T. S., Kazarenkova, N. P., Merzlyakova, E. A., Aseev, O. V., & Kovalev, P. P. (2021). Digital platforms in the new world of digital agricultural business. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 941(1), 12008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/941/1/012008>
- Kosior, K. (2020). Economic, ethical and legal aspects of digitalization in the agri-food sector. *Problems of Agricultural Economics*, 363(2), 53-72. <https://doi.org/10.30858/zer/120456>
- Lioutas, E. D., Charatsari, C., & Rosa, M. D. (2021). Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? *Technology in Society*, 67, 101744. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101744>
- OECD, (2016). Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Turkey, OECD Food and Agricultural Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264261198-en>.
- Pandia, S., Sharma, R., Shukla, N., & Sharma, R. (2019). Digitalisation in Agriculture: Roads Ahead. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(12), 1841. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2019.812.219>
- Parra-López, C., Abdallah, S. B., Garcia-Garcia, G., Hassoun, A., Trollman, H., Jagtap, S., Gupta, S., Ait-Kaddour, A., Makmuang, S., & Carmona-Torres, C. (2025). Digital technologies for water use and management in agriculture: Recent applications and future outlook. *Agricultural Water Management*, 309, 109347. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109347>
- Raikar, K., & Gawade, S. (2017). Review of usability and digital divide for ICT in Agriculture. *International Journal of Advanced Research*, 5(1), 1366-1371. <https://doi.org/10.21474/ijar01/2895>
- Reis, Â. V. dos, Medeiros, F. A., Ferreira, M. F., Machado, R. L. T., Romano, L. N., Marini, V., Francetto, T. R., & Machado, A. L. T. (2020). Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. *Revista Ciência Agronômica*, 51(5), 20207740. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200093>

- Weersink, A., Fraser, E. D. G., Pannell, D. J., Duncan, E., & Rotz, S. (2018). Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 19-37. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100516-053654>
- Xing, Y., & Wang, X. (2024). Precision agriculture and water conservation strategies for sustainable crop production in arid regions. *Plants*, 13(22), 3184. <https://doi.org/10.3390/plants13223184>
- Xu, J., Li, Y., Mei-ping, Z., & Zhang, S. (2024). Sustainable agriculture in the digital era: Past, present, and future trends by bibliometric analysis. *Heliyon*, 10(14), e34612. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34612>
- Zambrano, P. V. M., Pérez, L. P. T., Valdez, R. E. U., & Orozco, Á. P. F. (2023). Technological Innovations for Agricultural Production from an Environmental Perspective: A Review. *Sustainability*, 15(22), 16100. <https://doi.org/10.3390/su152216100>

BÖLÜM 4

BİTKİLERİN YAYILMASINDA ETKİLİ OLAN DİNAMİKLER: BİTKİ BÖCEK İLİŞKİLERİ

Prof. Dr. Ali ÖZPINAR⁷

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493796>

⁷ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale, Türkiye. aozpinar@comu.edu.tr, orcid id: 0000-0003-4512-8027

1. GİRİŞ

İlk canlıların 4.5 milyar yıl önce, ozon tabakasının oluşmasıyla okyanuslarda başladığı tahmin edilmektedir. Yaklaşık 3.9 milyar yıl önce ise kendine üreyip çoğalabilen canlılar meydana gelmiştir (Demirsoy, 2017). Günümüzden 1.5 milyar yıl önce ise fotosentez yapan canlılar görülmüştür. Atmosferdeki serbest oksijenin artmasıyla ozon tabakası güçlenmiş ve yaklaşık 570 milyon yıl önce fotosentez yapabilen algler gelişmiştir. Güneş ışığını kullanarak oksijen üreten sucul mavi-yeşil algler karadaki tüm bitkilerin atası olarak kabul görmüştür (Sakınç, 2023). Bu bilgiler ışığında bitkilerin karaya yerleşmesi yaklaşık 400 milyon yıl önce başladığı tahmin edilmektedir. Bitkilerin üreme yapıları, türleşmenin evrimsel gelişmesindeki en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Suda başlayan sporla çoğalan bitkilerin üremesi bir süre daha karada da devam etmiştir. Bu nedenle bitkileri etkileyen ana dinamiklerden biri olan hayvanların bitkilerle olan etkileşiminin bu dönemde oldukça sınırlı olduğu, ilk bitki böcek etkileşiminin bitkilerin böcekler tarafından besin olarak kullanılması şeklinde herbivor böceklerle başladığı tahmin edilmektedir.

Fosillerden yola çıkılarak bu eklileşmenin yaklaşık 390 milyon yıl önce başladığı düşünülmektedir. Günümüzde yok olan birçok hayvan türü dahil olmak üzere ilk bitki böcek etkileşimi bitkilerin besin olarak kullanılması şeklinde başlamıştır. Bitkiler böcekler, için besin kaynağı, koruma, yayılma ve yuva yeri olarak görev yapmaktadır. Otçullarla başlayan bitki-böcek etkileşimleri, bitkilerin ilk kez karaları fethetmeye başladığı yaklaşık 400 milyon yıl önceki Devoniyen dönemine kadar uzandığı varsayılmaktadır.

Ancak, bitki böcek etkileşimi çiçekli bitkilerin görülmesinden, yaklaşık 320 milyon yıl önce daha yoğun hale gelmiştir. Yaklaşık 252 milyon yıl önce, entomofilinin yani böcek ile tozlaşmanın ortaya çıkmasıyla özel bir durum alan bitki böcek etkileşimi günümüze kadar yoğun bir şekilde devam etmiştir. Böcekler ve ilgili diğer hayvanlar bitkilerdeki türleşmenin ana dinamikleri olarak etkili olmuştur.

Süreç içinde belli dönemlerde yaşanan iklim değişikliğinin sonucu olarak farklı özellikteki bitkilerin yer yüzündeki hakimiyetleri değişmiştir. Örneğin dinozorların hakim olduğu dönemde açık tohumlu bitkilerden

kozalaklılar, *Ginkgo bilbao* ve sikadların ağırlıkta olduğu ve dinazorların kozalaklarla beslenen ilk hayvanlar olduğu tahmin edilmektedir (Quentin ve ark., 2016). Mezozoik döneminin başında ise görülmeye başlayan çiçekli bitkilerin öncüleri uzun süre ekosistemde ender rastlanan türleri oluşturmuştur. Zamanla ekosistemde etkili olmaları sonucu varlıklarını hissettirir olmuşlar. Günümüzde böceklerle yaşanan etkileşim sonucu çiçekli bitkiler dominat duruma gelmiştir. Bilindiği üzere bitkilerin her biri, ortak ataları paylaşmakla beraber, kendi bağımsız yollarından geçerek bugünkü duruma ulaşmıştır (Demirsoy, 2017). Bunların bir bölümü evrimsel süreci tamamlayamadığı için yok olmuştur. Günümüzde, her gün yeni türler eklenerek 295 383 adeti çiçekli bitki olmak üzere toplamda 374 000 bitki türüne ulaşmıştır (Sakınç, 2023).

2. BİTKİLERDE ÇOĞALMA

2.1. Sporla üreme

Suda sporla çoğalan bitkiler, karaya çıkan bitkilerin atası olarak kabul edilmektedir. Yaklaşık 400-450 milyon yıl önce karaların kıyısındaki sularda bulunan alglerin zorunluluktan dolayı karalara çıktığı tahmin edilmektedir. Algve mantarların birlikteliğiyle oluşan likenler, karaya ilk çıkan canlılardır (Şekil 1 ve 2). Kıyılardaki kayalara tutunan likenlerin, açtığı oyuklar karadaki ilk habitatları oluşturmuştur. Suda üremeye devam eden ciğerotları yosunlarla değişime uğrayarak meydana gelen karayosunlar da karaya çıkmıştır. Bitkilerin sudan karaya çıkışı, atmosferdeki oksijen gazının artışıyla paralel olarak artmıştır. Bu yolculukta evrimleşen karayosunlar, karadaki bitkilerin gelişmesine zemin hazırlamıştır. Bu dönemde karada rüzgarla (**Anemogami**) tozlaşan sporla çoğalan bitkiler henüz hayvanların ilgisini çekecek özellikte değildi.

- ↳ **Likenler** → **Yosunlar** → **Ciğerotları** → **Karayosunları**
- ↳ **Kibritotları** → **Atkuyrukları** → **Eğretiler** → **Sikatlar**
- ↳ **(Cycad)** → **Palmiyeler** → **İğneyapraklılar (Açık**
- ↳ **tohumlular)** → **Ginkgo biloba** → **Geniş yapraklı**
- ↳ **ağaçlar** → **Çiçekli bitkiler (Kapalı tohumlular)**

Şekil 1. Bitkilerde gelişim evreleri (Demirsoy, 2017)

2.2. Tohumla Üreme

Sudan karaya çıkan bitkiler, belli dönemlerde mevsimlerin kurak geçmesiyle çimlenmenin devam etmediği durumlarda besin depolayan ve “**bitkilerin evriminde önemli bir aşama olan tohumlar**” oluşmaya başlamıştır. Başlangıçta yere düşer düşmez çimlenen tohumlardan meydana gelen bitkiler uygun olmayan iklim koşullarında zarar görmüş ve bu durum genetik materyalin boşa harcanmasına sebep olmuştur. Bu nedenle iklim koşullarına göre uygun zamanlarda çimlenebilen tohumların varlığı arzu edilmiş ve bu durumun hemen gerçekleşmediği, ancak evrimleşmenin zamanla bu yöne doğru olduğu ve yere düşer düşmez hemen çimlenebilen tohumların miktarı gittikçe azalmıştır. Zamanla bu türden bitkiler sahneden çekilir olmuş ve bunların yerine uygun mevsimlerde çimlenebilen tohumlu bitkilere bırakmıştır.

Zamanla bu tohumlar farklılaşarak uygun olmayan düşük sıcaklıklarda çimlenme yerine dinlenme (dormansi) formuna girmiştir (Anonymous, 2021). Böylece tohumlar farklı zaman dilimlerinde çimlenerek türün devamı için bir düzen gelişmiştir. Evrimsel gelişme sonucu, tohumların farklı zaman dilimlerinde çimlenebiliyor olması, tohumlu bitkilerin geleceği için, önemli bir kazanım sağlamıştır. Böylece, çimlenemeyen tohumlarla uygun olmayan koşullar atlatılarak, genetik materyal korunmuştur. Bu durum aynı zamanda tür zenginliği ile biyolojik çeşitliliğin artması için bir avantaj yaratmıştır. Bu durum böceklerde tam başkalaşım geçiren türlerin pupa dönemine karşılık geldiği düşünülmektedir.



Şekil 2. Bitkilerin sudan karaya geçiş evreleri (Kenrick ve Crane, 1991).

Tohumlu **bitkilere geçişi sağlayan ilk temsilci bitki Cycad (Sikat) ağacıdır** (Şekil 1 ve 2). Sikat aynı zamanda bilinen en eski tohumdur (Sakınç, 2023). Erkek ve dişi organlar ayrı ağaçlar üzerindedir. Kozalaklara sahip olan sikat ağacının sporla çoğaldığı ve çiçek oluşumuna sahip değildi. Sikat ve palmiyeler bu dönemde yer yüzünün hakim ağaçları olup, daha sonra yerini açık tohumlulara bırakmıştır.

2.3.Açık tohumlular

Açık tohumluların varlığı günümüzden yaklaşık 300-350 milyon yıl önce başlamıştır. Karasal yaşama uyum sağlamış olan açık tohumluların günümüzdeki temsilcileri; iğne yapraklı olan çam, ardıç, ladin, selvi, köknar, ginkgo ve sekoya gibi ağaç türleridir.

2.4. İğne yapraklılar

Rüzgarla tozlanan iğne yapraklılar kıyıda karaya doğru iç bölgelerde yayılım göstermiştir. Halen ataları gibi sadece yeşil renkli olan bu ağaçlar iç bölgelerdeki kurak koşullara daha iyi uyum sağlamıştır. Böylece ataları gibi,

rüzgarla (anemogami) taşınan polenlerle tozlaşan bu bitki türleri zamanla yer yüzeyinin geniş bir alanına yayılmıştır. Günümüzde olduğu üzere iğne yapraklıların üremeleri üzerinde böceklerin bir etkisi yok iken, besin olarak böceklerle etkileşimleri devam etmektedir.

İğne yapraklılar ağaçların, üreme kapasiteleri kapalı tohumlulara göre geride olsa da geniş yapraklı her dem yeşiller dışında kalan diğerleri gibi yapraklarının bir seferden dökmeleri ve tekrar yaprakları yenilemeye ihtiyaç duymamaları enerji tasarrufu bakımında bir avantaj olarak kabul edilmektedir. Bu avantaja sahip olma 200 milyon öncesinden başlamış ve geniş yapraklı bitkilerin oluşmaya başladığı döneme kadar sürmüştür.

2.5. Geniş yapraklılar

Zamanla, iğne yapraklı ağaçlardan geniş yapraklı ağaçlar, evrimleşmiştir. Bu sürecin 190 milyon yıl önce başladığı tahmin edilmektedir. Bilinen ilk geniş yapraklı ağaç *Ginkgo biloba* L. (Mabet ağacı)'dır (Şekil 3). *G. biloba* sistematik olarak Ginkgoopsida, takımında yer almaktadır. Bin yıl yaşayan ve 50 m kadar boylan bir ağaçtır (Mohanta ve ark., 2012). “Günümüzde **Çin de yetişmekte olan bu ağaç, halk sağlığı açısından önemli kimyasal bileşikler içermektedir**”. Bu ağacın erkek ve dişi organı ayrı ağaçlar üzerindedir. İğne yapraklı ağaçlar gibi rüzgarla tozlaşarak döllenmektedir. Bu nedenle kendini başka canlılara gösterecek ayrı bir renklilik bu ağaçta gelişmemiştir. Ağaçlar, tamamen yeşil renkte olup, yapraklarını dökmektedir (Şekil 3).

Aynı zamanada *G. biloba* geniş yapraklı ağaçların ve geniş yapraklı meyvelerin de atası olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda günümüzde yaşayan en eski tohumlu bitki olarak da bilinmektedir (Zhou ve ark., 2017).

Bitkilerde ileri düzeyde gelişmenin bir sonucu olarak meydana gelen geniş yapraklı ağaçlarda yaprak dökümü, tekil olarak bir dezavantaj gibi görülsede barındırdığı diğer özellikler esas alındığında, birçok farklı avantaja sahiptir. Örneğin geniş yapraklı ağaçların yaprak dökümü ağacın yükünü hafiflettiği için rüzgarlı bölgelerde zarar görmesini önleyebilmektedir. Kışın



Şekil 3. Geniş yapraklı ağaçların temsilcisi *Ginkgo biloba* (<https://konyaagac.com/urun/mabet-agaci/>)

çok soğuk olduğu kuşaklarda yapraklarını dökmesi, donmayı engellediği gibi kar altında kışı atlatma başarısını da olumlu etkilemektedir. Ayrıca, kar yükü nedeniyle, iğne yapraklılara göre sahip olduğu şekilsel dezavantajı da yapraklarını dökerek gidermektedir (Lowe, 2019). Sonuç olarak yapraklarını döken geniş yapraklı ağaçların yeniden, yapraklarını yenilenmek için ilave bir enerjiye ihtiyaç duymaları bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Buna rağmen, bu ağaç türleri pek çok üstünlüğe sahip olduğu için tür zenginliği bu ağaçların lehine gelişmiştir.

2.6. Kapalı tohumlular ve yayılmasında etkili olan dinamikler

Kapalı tohumlular tür sayısı bakımında karasal bitkilerin %90'ını oluşturmaktadır. Bu bitkiler yaklaşık 130-140 milyon yıl önce evrimleşerek şekillenmiştir. Kapalı tohumlu bitkiler tek ve çok yıllık olup, yer yüzünde farklı kuşaklarda yaşayabilme olanağına sahiptir. Günümüzde kapalı tohumlu bitkiler; orman alanlarında, çayır ve meralarda, çöllerin yanı sıra sulak ve bataklıklarda, deniz ve okyanus habitatlarını da varlıklarını devam ettirmektedir.

Kapalı tohumlu bitkilerde dölleme öncesi tozlaşma faaliyeti ve arkasında tohum taslağının gelişmesiyle meyveyi oluşturmaktadır. Üreme organı olan çiçek yumurtalığının olgunlaşması sonucu içi tohumlarla dolu bir odacık içinde meyveye dönüşmektedir.

Tozlaşmada etkili olan dinamiklerin başında böcekler ve rüzgar gelirken, tohumların taşınması ve yayılmasında ise başta kuşlar olmak üzere hayvanlar etkili olmaktadır.

Kapalı tohumlu bitkilerin çiçekleri ağırlıklı olarak böcekleri çekerek onları etkilemektedir. Tohumların yeni alanlara yayılmasında sorumlu olan meyveler de benzer şekilde renk ve aromasıyla hayvanları çekmek için özelleşmiştir. Olgun meyvelerin hayvanlar tarafından tercih edilmesi bu süreçte meyvelerin içindeki olgunlaşan tohumların yayılmasına da olanak sunmaktadır. Süreç ile birlikte, olgunlaşan tohumların yayılması için de ekosistemde hayvanlara bel bağlayan bitkilerin sayısı azımsanmayacak düzeydedir.

Bilindiği üzere pek çok bitki tohumu lezzetli meyvelerin içerisinde saklıdır. Bu tohumların yer aldığı meyvelerin taşıyıcı veya araçlar tarafından alınıp farklı bir yere ulaştırılır. Hayvanlar özelleşmiş oldukları bazı meyveleri yiyip sindirilemeyen tohumları sindirim sisteminden geçirdikten sonra dışkıyla doğrudan yeniden hayat bulabilecek güvenli bir yere bırakır. Bu yolla pek çok bitkinin tohumu çok kısa zamanda uzun yollar kat ederek yeni alanları da böylece keşfetmiş olur.

Tohumlu bitkilerin yayılmasında sorumlu olan hayvanlar, zamanla yemiş oldukları meyvelerin içerisindeki tohumlarla sinerjistik bir ilişki geliştirmiştir. Olgun meyvelerin zamanla çekici renklere ve kokulara bürünmesi kurulan simbiyotik ilişkinin bir parçası haline gelmektedir. Böceklerle etkileşimdeki bitkiler meyve ve çiçeklerini böceklerle besin olarak vererek, böcekler çiçekleri tozlayarak ve kuşlar ise sindirim sistemlerinde geçirdikler, tohumlardaki çimlenme engelini kaldırarak karşılık vermiştir.

Örneğin renk ayırma becerisine sahip olan, ham yada olgun meyveleri seçebilen primatlar, ağaçların dallarından sadece olgunlaşmış meyveleri kopararak onları seleksiyone tabi tutmaktadır. Seleksiyona tabi tutulan meyveler genel olarak genetik olarak kaliteli olan bu meyvelerin tohumları,

yeni bir bitki olmaya aday konumuna gelmektedir. Bu meyveleri alanından uzaklara taşıyan hayvanlar ve daha sonra meyve etini ve çekirdekleri yedikten sonra da tohumları çok farklı yerlere bırakarak yeni bitkilerin yayılmasına zemin hazırlar.

Tohumların hayvanlarla taşınması yanında, uygun yapıdaki pek çok tohum rüzgarla da taşınmaktadır. Örneğin kavak ve huş ağacı gibi kanatlı tohumlara sahip bitkiler, rüzgarla 150-200 metre uzağa taşınırlar. Ancak, rüzgar yardımıyla kısa mesafeli taşınmanın sağladığı yayılmada bu bitkilerde genetik olarak bir çeşitlilik oluşmaz. Yakın mesafede olmaları nedeniyle mevcut havuzda etkilenirler.

Buna karşın, kuşlarla yayılan bitki tohumları daha uzun mesafelere kısa sürede ulaştırıldığı için orijinlerine göre genetik olarak farklılaşırlar. Gen kaynağının değişimi biyolojik çeşitliğin de artmasına böylece katkı sağlar. Görüldüğü üzere gen kaynağının yayılmasında etkili olan dinamiklerin başında tohum taşıyıcısı olarak kuşlar ve polen taşımada ise böcekler en çok bilinen türleri içermektedir. Tohumlu bitkilerin yayılmasında biyoçeşitliliği sağlayan esas aracı olanlar böcekler ve kuşlardır. Biyolojik çeşitlilikte de anahtar rolde olan polen taşıyıcı böcekler besinlerin kalitesi ve kantitesi üzerinde de oldukça önemli bir etkiye sahiptirler.

2.6.1. Böcekler (Insecta)

Çiçekli bitkilerin üreme organları ve biyolojik döngüleri onları diğer üreme şekline sahip olan bitkilerden ayırmıştır. Bu gruptaki bitkilerin üreme organı olan çiçek yapısı, onların yayılmasında etkili dinamiklerden sayılan böcekleri ve diğer hayvanları çeken renkli petallere sahiptir. Polen üreten yapıları ise oldukça değişikliğe uğramıştır. Kapalı tohumlu bitkilerin üremesinde çiçeklerin kullanılması, onları daha kompleks bir hale getirmiştir. Bitkilerin renkli ve parlak çiçeklere sahip olması ve salgıladıkları nektarla çiçekleri böcekler için çekici kılmakta ve çiçeklerin tozlaşmasına uygun ortam hazırlamaktadır.

Kapalı tohumlu bitkilerin tozlaşmasında böceklerin (entomogami) etkisi, bitkilerde farklı modifikasyonların gelişmesine ve bitki biyoçeşitliliğinin artmasına katkı vermiştir.

Çiçekler, polen üreten bir erkek organa sahiptir. Döllenmeyi sağlayan polenlerin kökeni ve kalitesi önemli olup, yumurtalıkta gelişen tohumların ve meyvenin seçilebilir albenide olması üzerinde de etkilidir. Bu bitkilere ait çiçekler, enerji bakımından zengin nektarlarıyla böcekleri kendine çekerek yarattığı ortamla tozlaşmayı sağlar. Bu çaba zamanla bitkilerle böcekler arasında sürdürülebilir simbiyotik bir ilişkiye dönüşmüştür (Demirsoy, 2017).

Bitkileri tozlayan en eski böcekler Jura döneminde raslanılmıştır. Lepidoptera ve Hymenoptera takımıdaki böcekler Kretase döneminde ortaya çıkmıştır (Quentin ve ark., 2016). Hymenoptera takımının, Apiformes cinsine ait arılar ise Orta Kretase döneminde bitkilerle birlikte evrimleşmiştir. Aralarındaki mutualistik ilişki onları önemli tozlayıcılar haline getirmiştir (Tirado ve ark., 2013). Bitkilerin gelişme süreci devam ederken, anakara parçalanarak günümüzdeki kıtalar oluşmuştur. Beraberinde iklim kuşakları meydana gelmiştir. İklimlerin ortaya çıkmasıyla kapalı tohumlu bitkilerin lehine bir ortam gelişmiştir. Bu durum tür sayısının da ciddi bir artışa neden olmuştur. Bağlantılı olarak yarı başkalaşım geçiren böcekler (Orthoptera, Hemiptera ve Odonata) ile tam başkalaşım geçiren böcek (Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera ve Coleoptera) türleri evrimleşmiştir (Danforth ve ark. 2006). İlk defa hayvanlar ile bitkiler arasında geniş kapsamlı ve karşılıklı yardımlaşma başlamıştır. Böylece böceklerle bitkiler arasında kalıcı simbiyotik ilişkilerin temeli atılmıştır.

Bu dönem böcekleri çeken bitkilerin oluşturduğu çeşitli renklilik buluşmayı teşvik etmiş ve aradaki bağımlılık günümüze kadar varmıştır. Hymenoptera takımında yer alan balarıları (*Apis mellifera*) koloni büyüklüğü ve taşınabilirliği nedeniyle Dünya gıda ihtiyacını karşılayan bitkilerin %75'i ile pek çok yabancı bitkinin tozlaşmasında önemli rol oynamaktadır (Haldhar ve ark., 2018; Michener, 2007; Özbek, 2003).

Çiçekli bitkilerdeki görülen artış ile birlikte, daha sonraları, kuşların da nektarla beslenmesi sonucu onlar da tozlayıcılar kervanına katılmış ve aralarındaki uyum ileri düzeylere ulaşmıştır. Bitkilerin etkilediği hayvanlar arasındaki ilişki ve bağlılık, çiçeklerin salgıladığı nektar ile sınırlı değildir. Bir bölüm bitkinin, hayvanlarla daha ileri düzeyde bir ilişki

geliştirdiği bilinmektedir. Bu tür bitkiler çoğalma yeteneklerini geliştirerek adeta kendisine ait olan sorumluluğu böceklerle yüklemiştir.

Örneğin farklı orkide türlerinin çiçekleri, hayvanlara ve özellikle arılara benzeyecek şekilde evrimleşmiştir. Orkidelerin bazı türleri, floral mimikri ve yalancı çiftleşme, alarm feromonunu taklit etme, başka çiçeklere benzeyerek tozlayıcı böcekleri kandırma, insanların ter kokusunu taklit etme, koku toplayıcı böcekleri kullanma, kuluçka yeri ve barınakları taklit etme gibi mekanizmalara sahiptir (Arzuman ve ark., 2018). Yine tozlaşmada öne çıkan kelebek erginlerini taklit eden bitkilerin varlığı da benzer ilişkinin yaygın olarak devam ettiğini göstermektedir.

Doğada böcek ve bitki etkileşimini gösteren pek çok uyum söz konusudur. Genellikle türün dışısının görünümünü taklit eden bu bitkiler erkek bireyleri kendilerine çekerek ziyaret edilme sıklığını arttırmakta ve bu arada kendi tozlaşmalarını gerçekleştirirerek bitkilerin yayılmasına da katkı vermektedir.

Bunun birlikte bitkilerle böcekler arasındaki etkileşimler farklı boyutlarda evrimleşmiştir. Karnivor bitkilerin varlığı da bitki böcek etkileşiminin bir sonucu olarak tek taraflı yararlanma şekline dönüşmüştür. Aynı zamanda carnivor bitkilerin salgıladığı nektar da tozlaşmanın yanı sıra av olmanında bir parçası olarak etkili olmuştur.

Bataklık ve sulak alanlarda yaşayan bu bitkiler toprakta alamadıkları azot ihtiyacını ağırlıklı olarak böcekleri yakalayıp sindirerek carnivor olarak karşılamaktadır. Bu bitkiler söz konusu işlevi yerine getirmek için morfolojik olarak değişikliğe uğramıştır (Şekil 4). Böcek ve bitki arasındaki uyum farklı bir şekilde gelişerek devam etmiştir. Yukarıda geçtiği üzere bu bitkiler yakalayacakları böcek sayısını arttırmak için aynı zamanda nektar da salgılamaktadır. Diğer taraftan bu tür bitkilerin yaprakları, avlarını yakalamak üzere yapışkan ya da hemen kapanan yüzeyler geliştirmiştir. Bunların hepsi sıcak ve ılıman bölgelerdeki bataklıklarda ve turbalıklarda yetişen çok yıllık otsu bitkilerdir. Bu bitkilerin evrimsel gelişmesi sonucu kapanların çekiciliği ve tatlımsı nektar salgılaması yakalanan böcek tür sayısını arttırmaktadır. Bitkilerin böceklerle etkileşimin farklı boyutlarda geliştiğinin tipik örneğidir.



Şekil 4. Sinek kapan bitkiler (Leiden Üniversitesi, Botanik Bahçesi, 12 Haziran 2025, Hollanda)

Sinek kapan bitkilerin çoğu, farklı böcek türlerini yiyen bitkilerdir. Bu ilişkide tozlayıcı böcek türleri av olabildiği gibi nektara gelen bir predatör tür de av olabilmektedir. Bazen kurbağa gibi küçük boyutlu hayvan türleri ve örümceklerde bu bitkilerin menüsünde yer alabilir. Bu bitkilerin farklı özelliklerinin gelişmesi ve bulundukları yerlere uyum sağlaması temelde topraktaki azot miktarının az veya yetersiz olmasına bağlanmıştır. Ekosistemde bu bitkiler besinlerini suda çözülmüş halde kökleri ile alamadıkları için ekosistemde diğer bitkilerle rekabete giremezler. Türkçe’de sinek kapan olarak ifade edilen bitkilerin yaklaşık 600 kadar türü tanımlanmıştır. Bu türlerin çoğunluğu Avusturalya orijinelidir (Lowrie, 2013). Yaratmış oldukları ilgi nedeniyle yapılan araştırmaların yoğunluğu nedeniyle yeni türlerin sayısı hızla artmaktadır.

2.6.2.Kuşlar (Aves)

Bitki tohumlarının yayılmasında etkili olan en önemli dinamiklerden birisi kuşlardır. Kuşlar tohumları taşıyarak bitki örtüsüne sahip olmayan yeni bir alanda yeni gen kaynaklarının oluşmasına katkı verebilmektedir. Bunun sonucu çok küçük kendi aralarında izole olmuş kümeler ile birbirine benzemeyen bitkilere ait gen havuzları oluşabilir.

Bazı durumlarda tohum ile birlikte yenilen meyve eti kolaylıkla sindirilirken tohumlar, sindirilmeye karşı oldukça dirençli olabilir. Bu tohumların çimlenebilmesi için hayvanların sindirim sisteminde tohumların geçmesi gerekir. Bu durumda hayvanların sindirim sisteminden geçmeyen tohumlar çimlenemez. Bazen ardıç tohumlarında olduğu gibi, bu özellikteki tohumlar ardıç kuşları tarafından binlerce kilometre uzaklıklara taşınır. Ardıç ağacının tohumları, ardıç kuşu tarafından yenilmedikçe çimlenme gerçekleşmez. Ardıç kuşunun sindirim sisteminde, ardıç tohumlarının kabukları açılır ve dışkı ile birlikte toprağa karışan tohumlar böylece kolayca çimlenme imkanı bulur. Diğer taraftan, tohumlar bulunduğu bitkiden uzak mesafelere taşınır ve böylece daha geniş alanlarda yayılma olanağı bulmuş olurlar (Gültekin, 2008).

Ancak, bu bitkilerin tohumları çoğunlukla gönüllük esasına göre yürür. Doğal ayıklanma sürecinde ağaçların üzerindeki tohumların çoğu hayvanlara yem olmamak için direnir. Örneğin tohumların tadı kötüleşir, kabukları sindirilemez ve tohumları korumak için meyveler olgunlaşmadan yeşil renkte ve sert bir şekilde kalabilir. Yenilemeyecek sertlikte kalan meyveler hayvanlar tarafından tercih edilmezler. Ancak bazı durumlarda bu bitkilere özelleşen hayvan türleri de söz konusu olabilir. Bu tür tercihler türler arası rekabeti ortadan kaldırır. Rekabet ortadan kalktığı için farklı bir uyum şekli gerçekleşir. Birçok hayvan için toksik olan bitkiler bazı böcek türlerinde gerçekleşen uyum süreçlerinde görüldüğü üzere uygun bir gıda konumuna gelebilir.

Diğer taraftan, bitkilerle hayvanlar arasında gelişen synergistik etki sonucu olgunlaşan ve tatlanan meyveler hayvanlar tarafından yenilip, tohumları çevreye yayılacak şekilde yoluna devam eder. Tohumların yayılmasını sağlayan dinamiklerle bitkiler arasındaki uyumun düzeyi bu nedenle önem taşır.

Doğal seleksiyon ile tohumlu bitkilerin meyveleri belli hayvan türleri tarafından yenilip, gıda olarak kullanılırken tohumlar çevreye yayılacak şekilde gelişmiştir. Evrimsel uyum bazı bitkilerle hayvanlar arasında kalıcı hale gelmiştir. Örneğin ardıç, çilek ve alıç gibi meyveler kuşlar tarafından, pelitler, sincaplarla ve mangolar ise yarasalarla taşınarak bir uyum sağlanmıştır. Tohumların taşınması bu uyumun bir sonucu olarak gerçekleşir. Bitkilerle

uyum sağlayan hayvanlar, tohumları taşımaya devam ederken, uyum sağlayamayan bitkilerin tohumları hayvanlar tarafından taşınmadığı için zamanla varlıklarını devam ettiremezler. Bu durumda olan tohumlar mevcut ekosistemde yer bulamadan zamanla kaybolup giderler. Bu durum hayvanlarla bitkiler arasındaki etkileşimin düzeyi tohumun yayılmasının sağlamada önemli bir kriterdir.

Meşe palamudu, kestane, fıstıkçamı, ceviz, fındık, kayın gibi iri tohumlar kargalar tarafından taşınır. Kestane kargası taşıdığı sağlıklı palamut veya diğer bitkilere ait tohumları, uçuş mesafesindeki değişik yerlerde toprağa yüzeysel olarak gömerler. Sonradan bu tohumları yemek istediğinde ise bunların çoğunlukla yerlerini bulamaz. Böylece bulamadıkları bu tohumlar oldukları yerde çimlenir. Yeni bir bitki olarak hayatına devam eder.

Araştırma sonuçlarına göre; yüksek dağlardaki ormanlarda bulunan 9 çam türünün tohumların yayılışının, Göknar kargasına (*Nucifraga caryocataste*) borçlu olduğu ve orman sınırlarının yukarı doğru genişlemesinde önemli işlevlere sahip olan Göknar kargasının varlığının sona ermesi durumunda özellikler Fıstık çamının (*Pinus cembra*) yayılmasının zamanla sonlanacağı düşünülmektedir.

Farklı bir uyum, her mevsim herdem yeşil olan yarı parazit olarak yaşayan ve besinini konukçu bitkilerden sağlayan ancak fotosentez yapabilen Ökseotu (*Viscum album*) ile kuşlar arasında gerçekleşmiştir. Elma, armut, meşe ve ahlat gibi ağaçların dalları üzerinde konan kuşlar dışkıları ile bıraktıkları ökseotunun tohumunun buralarda çimlenmesi sonucu ona yaşam olanağı sunmaktadır. Ökseotu tohumları kuşlar tarafından yenildikten sonra sindirilmeden dışkılarıyla yeni konak bitkilere böylece taşınmaktadır. Konak bitkide çimlenen ökseotu emeçleri ile konukçu bitkide besinini alarak gelişmesini sürdürür. Böylece kuşlar ökseotu tohumunu sindirmeden taşıyarak bu bitkinin yayılmasına katkı vermektedir. Tohumların taşınmasına uyum sağlama farklı böcek türlerinde de gelişmiştir. En tipik olanı karıncalarla tohumların taşınması serüvenidir.

2.6.3. Karıncalar

Karıncaların tohum taşıma faaliyeti bitkilerde biyolojik çeşitliliğin artması için önemli bir araçtır. Karıncalar tarafından tohumların bir yerden

başka bir yere taşınmasıyla yer değiştirmesi adeta bir düzen içinde gerçekleşmektedir. Böylece bazı bitki türlerinin tohumları ile karıncalar arasındaki uyum tohumların bir bitki olarak yeni ortamlarda hayat bulmalarına olanak sunar.

İlave olarak karıncaların mandibulaları ile tutarak taşıdıkları dinlenme (dormanci) halindeki tohumların kabukları zedelendeği için tohumların kolayca nem almasını sağlar. Nem alan tohumların dormansisi kırıldığı için çimlenme bakımında diğerlerinden farklılaşırlar. Nemle birlikte aynı bitki türünün tohumları akranlarına göre daha önce çimlenir. Farklı zaman dilimlerinde veya olası uygun olmayan iklim koşullarında tohumun çimlenmesi uygun olmayan koşulları atlatması bakımında türün devamını garanti altına alır. Böylece farklı ortamlarda aynı bitki türüne ait tohumların yaşamlarını devam ettirmesine olanak sağlanmış olur. Bitkinin gelecekte uygun olmayan koşullarda risk altında olması böylece ortadan kalkmış olur.

2.6.4. İnsanlar

Bitkilerin yayılmasında insanlar en önemli dinamiklerden birisidir. Üretim ve beslenme amacıyla insan faktörünün bitki dolaşımına önemli katkısı olmaktadır. Öyle ki yaşayan her 10 bitki türünden 8'i bu şekilde yayılan yapraklarını döken kapalı tohumlulardan (çiçekli) oluşmaktadır. İnsanların döngü içindeki yeri ve önemi; bitkilerin yeryüzündeki yayılışı ve doğal etkisi yerleşik yaşamla birlikte belirgin bir şekilde artmıştır. İnsanlar uyguladıkları doğal seçim yoluyla tohumların yayılışını kendi gereksinimleri doğrultusunda sürdürmüştür.

Yaklaşık 10.500 yıl önce insanların bir arada oluşturdukları toplu yaşam alanlarında beraberinde ilk çiftlikler de kurulmuştur. Yerleşik hayata geçen insanlar ve onların yaşam alanlarına yakın yerlerde dışkıyla taşınan ve çimlenen tohumlardan ilk bitkilere sahip olunmuştur. Buralarda işe yaramayan özelliklerdeki bitkiler uzaklaştırılmıştır. Uygun olanlardan elde edilen tohumlar kendi istekleri doğrultusunda seçilime tabi tutulmuştur. Bir anlamda bu günkü kültür bitkilerinin temeli bu şekilde atılmıştır. Tohumların seçiminde en belirleyici unsur meyvenin tadı yanında büyüklüğü ve etli olması ya da çekirdeksiz olması esas alınmıştır. Aynı zamanda mevsime bağlı olarak meyvelerin olgunlaşma zamanı da onların tercih edilmelerinde önemli rol

oynamıştır. Günümüzde kültürü yapılan meyvelerin yabancı atalarından daha iri olması bu gelişmenin bir sonucudur. Yine süs bitkilerinin ise daha gösterişli olmalarının nedeni seçilerek öne çıkarılmış olmalarıdır. İlk başta beslenme amaçlı seleksiyon süreci uygarlığın gelişimi ile birlikte süs bitkilerinde estetik görünüşe yönelik yapılmıştır. Bu tercih halen günümüzde devam etmektedir

Tahıl ve baklagillerde olduğu üzere tohumların bir kısmı insan gereksinimleri doğrultusunda çimlenme engelini yitirmiştir. Meyveler ise irileşmiş, şeker oranı artmış, çekirdek sayısı azalmış veya tamamen çekirdeksizleşmiştir. Yerkürede insan gıdası olarak yaygın olarak üretilen erik, şeftali, elma, kayısı, kiraz gibi sert ve yumuşak çekirdekli meyveler kendilerini dölleyebilir hale gelmiştir.

Bu süreç öncelikle tek yıllık bitkilerle başlamış olup, tek yıllık bitkilerin kültüre alınmasından 6.000 yıl sonra zeytin, incir ve hurma gibi insan yaşamında kültürel ve tarihi değere sahip olan meyve ağaçları ıslah edilmiştir. Bu meyveler kültüre alındığı Ortadoğu ve Akdeniz havzasında birlikte yaşamın sembolü haline gelmiştir. Milattan Önce 500 yıllarında bunları diğer türler takip etmiş ve farklı ortamlarda tür çeşitliliği artmaya başlamıştır.

Kapalı tohumlu bitkiler, insanların temel ihtiyaçlarına yönelik ve farklı amaçlarla kullanılmasına olanak sunan ürünleri sağladığı için son derece hayati önem taşındılar. Bu bitkilerden elde edilen ürünler insan ve hayvan gıdası olarak temel ihtiyaçları karşılaması bakımında ekonomik değerleri oldukça yüksektir.

Daha sonraki dönemlerde insan gıdası olarak vazgeçilmez temel besin maddeleri olan çiçekli bitkilerden tahıllar ve sebzeler üretim deseni içinde yer almaya başlamıştır. İnsan eliyle uzak bölgelere ticari boyutlarda yapılan tohum sevkiyatları da bu amaca hizmet etmiştir. Yeni bir bölgeye adapte olma kabiliyetine sahip olan tohumlar yeni vatanlarında yayılmaya devam etmiştir.

İnsan gıdası olarak vazgeçilmez konuma gelen kahve, şeker ve kakao gibi ürünlerin de tüketimi oldukça artmış ve böylece bu ürünlerin daha fazla dolaşımında olmaları sağlanmıştır.

Dokuma sanayinde kullanılan keten, pamuk ve kenevir gibi ürünlerin yanında gıda sanayinde kullanılan tarçın, muskat, kekik, biberiye ve baharat

gibi ürünler de gıda zincirinde geniş yer almış ve insan eliyle yayılmaları teşvik edilmiştir.

Yine insan beslenmesinde vazgeçilmez olan ve meyveleri sıkılarak yağ yapımında kullanılan zeytin, ayçiçeği kanola ve aspir gibi bitkiler de bu kategoride kendine yer edinmiştir.

Bunun yanında kapalı tohumlu bitkilerden sağlanan doğal kauçuk ve her türlü ahşap ile doğrama malzemesi insan eliyle ticari olarak dolaşıma katılmıştır.

Bu ürünlerin öncelenmesi birim alanda yüksek ve kaliteli ürün elde etmek insanlığın önemli temel uğraşları arasında yer almıştır. Bu çabanın gerçekleşmesinde biyoçeşitliliğe önemli bir katkısı olduğu yadsınamaz. İnsanlar tarafından en uygun olanların seleksiyonu da bu bitkilerin yayılmasında bir avantaj sağlamıştır.

Kültürü yapılan pek çok tohum bu şekilde yayılarak yeni bölgelerde bazı avantaj ve dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Ekonomik olarak daha kaliteli ve verimli tohumlara sahip olunması birim alanda daha fazla ürün elde etme olanağı sunmuştur. Bunun yanında, yeni bölgelerde bitki patojenleri ve herbivor böceklerin salgın yapmasıyla önüne geçilmez ürün kayıplarının ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Ayrıca bir çok istilacı böcek türü yeni vatanlarına sevkıyatı yapılan tohumlarla taşınmış hatırı sayılır popülasyon yoğunluklarına ulaşarak yarattıkları ürün kayıpları bazı durumlarda açlık sorununu da beraberinde getirmiştir.

3. SONUÇ

Yaşam, suda sporla çoğalan bitkilerle başlamış ve sporla çoğalma bir süre karada da devam etmiştir. İlerleyen dönemlerde tek döllemli açık tohumlular ve çift döllemli kapalı tohumlu bitkiler yeryüzüne hakim olmuştur. Açık tohumlu bitkilerde, tozlaşma rüzgarla (anemogami) kapalı tohumlularda ise tozlaşma rüzgar (anemogami) ve böceklerle (etomogami) gerçekleşmektedir. Kapalı tohumlu bitkilerin tür sayısı ve bolluğu açık tohumlulardan oldukça fazladır. Sembolik olarak, açık tohumluları temsilen iğne yapraklı ağaçlar ve kapalı tohumlu bitkilerden ise yaprağını döken ağaçlar uyum sağladıkları bölgelerde geniş alanlara yayılmıştır. Kapalı tohumlu

bitkilerin yayılmasında çiçeklerin polenlerini taşıyarak tozlaşma sağlayan hayvanların başında böcekler gelmektedir. Yanısıra meyvelerin besin olarak hayvanlar tarafından değerlendirilmesi aralarında synergistik ilişkinin gelişmesine vesile olmuştur. Meyvelerdeki tohumların yayılmasında kuşlarla yaşanan synergistik etkileşimin önemli payı bulunmaktadır. Synergistik etki uyum sürecinin başarısıyla ilişkili olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak bitkiyi oluşturan tohumlar yere düşerek veya taşıyıcılar tarafından başka yerlere götürülerek yayılma imkanı bulmuştur.

Tohumlu bitkilerin yayılmasında insanlar özellikle kıtalar arası dolaşımı kolaylaştırarak önemli katkı vermiştir. Gıda olarak tüketimi yüksek olan bazı ürünlerin dolaşımında insan faktörü öne çıkmaktadır. Bu ürünlerin üretimi ve depolanması sırasında herbivor böceklerin verdiği zarar ve meydana gelen ürün kayıpları böcek bitki etkileşimi farklı bir şekilde devam etmektedir.

Her bitki böceklerle farklı bir şekilde etkileşime girmektedir. Böcekler bitkiler için koruma, dağıtıcı veya gübre görevi görebilirken, bitkiler ise böcekler için bir besin kaynağı veya yuva yeri olabilir.

Sonuç olarak klasik anlamda bitki böcek etkileşimi polinatörlerle olan mutualistik ilişki yanında bitkilerin gıda olarak böceklerle besin sağlaması şeklinde gerçekleşmektedir. Bitkilerin besin olarak böceklerle sağladığı katkı tohumu taşıyan bir karınca örneğinde olduğu üzere bitkiye geri dönecek şekilde gerçekleşmektedir. Bitki bir etobur olarak böceklerden gıda olarak yararlanabilmektedir. Genel olarak da bitkilerin farklı şekillerde herbivor böcekler karşı geliştirdiği savunma mekanizmalarından sinerjistik bir ilişki gelişebilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonymous, (2021). Digital Atlas of Ancient Life, Angiosperms (Flowering Plants). (24 Ağustos 2021). <https://evrimagaci.org/kapali-tohumlu-bitkiler-angiospermae-11837>.
- Arzuman, Ş., Yaşar, B., Çığ, A. (2018). Orkide ve böcek ilişkileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 7(3):111-117.
- Danforth, B., N., Sipes, S., Fang, J., Brady, S., G., (2006). The history of early bee 31 diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103 (41): 15118–15123.
- Demirsoy, A., (2017). Renklerin Kökeni. Asi Kitap 53, 1. Baskı Ekim 2017 İstanbul.
- Haldhar, S., M., Kumar, R., Samadia, D., K., Singh, B., Singh, H., (2018). Role of insect pollinators and pollinizers in arid and semi-arid horticultural crops. *Journal of Agriculture and Ecology*, 5(5): 1–25.
- Gültekin, H, C., (2008). Meyveli bitkiler, ardıc kuşları, kargalar ve insanlar, TUBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 486: 62-65.
- Lowrie, A., (2014). Carnivorous plants of Australia magnum opus, Volume One. *Redfern Natural History Productions Limited*. Pp 458.. xi–xiii. 978-1-908787-11-8.
- Lowe, A., (2019). Natural Wonder – Why do trees lose their leaves? <https://biodiversityrevolution.wordpress.com/2019/09/25/natural-wonder-why-do-trees-lose-their-leaves/>
- Michener, C., D., (2007). The bees of the world. In Baltimore, Md, USA.
- Mohanta, T. K., Occhipinti, A., Zebelo, S., A., Foti, M., Fliegmann, J., Bossi, S., Maffei, M., E., Berteau, C., M., (2012). *Ginkgo biloba* responds to herbivory by activating early signaling and direct defenses. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032822>
- Kenrick, P., Crane, P., R., (1991). Water-conducting cells in early fossil land plants – implications for the early evolution of tracheophytes. *Botanical Gazette*, 152 (3):335–356.
- Özbek, H. (2003). Türkiye’de arılar ve tozlaşma sorunu. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 3(3): 41–44.
- Sakınç, M., (2023). Bitkilerin Evrimi. *Bilim ve Gerçek* 227: 68-77.

<https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2023/03/02/bilim-ve-gelecek-mart-sayisi-cikti-3/>

Quentin, C., Cronk, B., Forest, F., (2016) The Evolution of Angiosperm Trees: From Palaeobotany to Genomics. F. Forest Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, UK.

Tirado, R., Simon, G., Johnston, P., (2013). Bees in Decline: A Review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk. *Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review)*,(1): 1-48.

Zhou, Q., Mu, K., Xu, M., Ma, X., Ni, Z., Wang, J., Xu, L., (2017). Variation in the concentrations of major secondary metabolites in ginkgo leaves from different geographical populations. *Forests*; 8 (8):266; doi:10.3390/f8080266 www.mdpi.com/journal/forests.

BÖLÜM 5

BUĞDAY ÜRETİCİLERİNİN YENİ DESTEKLEME MODELİ HAKKINDA GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK⁸

Dr. Öğr. Üyesi Belma DOĞAN ÖZ⁹

Nevzat ÖZBEY¹⁰

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493814>

⁸ Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt, Türkiye.
gorkem.ozturk@siirt.edu.tr, orcid id: 0000-0003-3767-0537

⁹ Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt, Türkiye.
eposta@eposta.com, orcid id: 0000-0003-1766-0016

¹⁰ Tarım ve Orman Bakanlığı

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının sürekliliği, temel besin ihtiyacının karşılanmasına bağlıdır. Bu ihtiyacın karşılanması, insanlığın ilk üretim faaliyeti olan tarımı ortaya çıkarmıştır. Tarım sektörü yalnızca beslenmeyi değil, aynı zamanda barınma ve ısınma gibi yaşamsal ihtiyaçları da karşılamış; tarih boyunca farklı sektörlerle girdi sağlayarak ekonomik ve toplumsal düzenin merkezinde yer almıştır (Altuntaş, 2021). Bu nedenle devletlerin en fazla müdahalede bulunduğu alanlardan biri tarım olmuş; sektör, koruma ve destekleme politikaları aracılığıyla kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Tarımsal üretimin doğa koşullarına bağımlılığı, çiftçilerin gelirlerinde ve fiyat mekanizmasında istikrarsızlıklara yol açmakta; bu durum hem mikro ölçekte üreticiler hem de makro ölçekte ülke ekonomisi için sorunlar yaratmaktadır. Dolayısıyla tarımın korunması ve desteklenmesi bir zorunluluktur. Ayrıca sektörün yalnızca besin ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, diğer sektörlerle hammadde sağlayarak ekonomik kalkınmaya da katkı sunması, tarımsal desteklerin meşruiyetini daha da güçlendirmektedir (Acar ve Bulut, 2009). Sanayileşmenin etkisiyle tarımın ekonomideki payı görece azalmış olsa da, gıdanın temel yaşam kaynağı olması sebebiyle sektörün önemi devam etmiş ve tarım, en çok desteklenen alanlardan biri olmayı sürdürmüştür. Hititlerden Antik Yunan’a, Osmanlı İmparatorluğu’ndan günümüze kadar uzanan süreçte uygulanan destekleme politikaları, değişken iklim koşulları ve iklim değişikliğinin yarattığı olumsuzluklara karşı fiyat istikrarını sağlama amacını taşımıştır. Bunun yanında, tarımsal üretimin yalnızca gıda değil pek çok sanayi kolu için de girdi sağlaması, destekleme politikalarına çok boyutlu bir anlam kazandırmıştır (Kalabak ve Aslan, 2021).

2020 yılı verilerine göre OECD ülkeleri için toplam Üretici Destek Tahmini (PSE) miktarı 252 milyar ABD\$ düzeyine ulaşmıştır. AB ülkeleri için bu değer aynı yıl verilerine göre 103 milyar ABD\$ olarak belirlenmiştir. 2020 yılı itibarı ile OECD ülkeleri içerisinde PSE değerinin en yüksek olduğu ülke 48 milyar ABD\$ ile ABD olup bu ülkeyi 40 milyar ABD\$ ile Japonya, 21 milyar ABD\$ ile Güney Kore ve 15 milyar ABD\$ ile Türkiye izlemektedir (Karakaya, 2023; Semerci ve Yurt, 2025). OECD tarafından yayınlanan ve 54 ülkenin dâhil edildiği raporda ise 2020-22 döneminde tarım kesimine yapılan destek miktarı yıllık ortalama 851 milyar ABD\$ olarak belirtilmiştir. Bu

dönemde yapılan tarımsal destek tutarı 2000-2002 arası dönem değerinin 2,5 katı olarak gerçekleşmiştir. Tarım kesimine yapılan tarımsal destekler bireysel ya da kollektif ve tüketicilere yapılan destekler olmak üzere 2 ana grupta değerlendirilmektedir. 2020-22 döneminde yıllık ortalama hükümet bütçelerinden tarıma yapılan destekler 518 milyar ABD\$ olup, 333 milyar ABD\$ tutarı ise ülkelerin yurt içinde oluşan ürün fiyatlarının referans fiyatlar üzerinde bir değere sahip olabilmesi için yapılan destekleri kapsamaktadır (OECD, 2023).

Tarım sektörü içinde bazı ürünler, hem üretim miktarı hem de toplumsal etkileri nedeniyle diğerlerinden ayrılmaktadır. Bu ürünlerin başında ise tarih boyunca temel besin kaynağı olma özelliğini koruyan buğday gelmektedir. Buğday, yalnızca Türkiye’de değil, dünya genelinde de en yaygın yetiştirilen tarım ürünlerinden biridir. Geniş ekim alanları, üretici nüfusunun büyüklüğü ve insanlığın temel besin kaynağı olan ekmeğin yanı sıra pek çok unlu mamulün hammaddesi olması, buğdayı diğer ürünlere kıyasla farklı ve ayrıcalıklı bir konuma taşımaktadır (Ken ve Semerci, 2023). Türkiye’nin her bölgesinde yetiştirilebilen buğday, hem kırsal nüfusun geçiminde hem de ulusal gıda güvenliğinin sağlanmasında stratejik bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle buğday, yalnızca bir tarımsal ürün değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik istikrarın da temel taşlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Dünya genelinde buğday, hem üretim miktarı hem de ekonomik değeri bakımından en stratejik tarım ürünlerinden biridir. 2023 yılı verilerine göre Çin, 136,6 milyon tonluk üretim ile ilk sırada yer almakta; onu 110,5 milyon ton ile Hindistan ve 91,5 milyon ton ile Rusya Federasyonu takip etmektedir. ABD (49,3 milyon ton), Avustralya (41,2 milyon ton), Fransa (36 milyon ton), Kanada (31,9 milyon ton), Pakistan (28,2 milyon ton) ve Türkiye (22 milyon ton) diğer önde gelen üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye, bu üretim miktarıyla dünya sıralamasında dokuzuncu sırada bulunurken, Ukrayna 21,6 milyon tonluk üretimiyle Türkiye’nin hemen ardından gelmektedir (FAO, 2023).

Üretim değerleri açısından bakıldığında ise Çin yaklaşık 32,3 milyar dolarlık brüt üretim değeriyle ilk sırada yer almakta; Hindistan (26,2 milyar \$), Rusya Federasyonu (21,7 milyar \$), ABD (11,7 milyar \$), Avustralya (9,8 milyar \$), Fransa (8,5 milyar \$), Kanada (7,6 milyar \$) ve Pakistan (6,7 milyar \$)

tarafından izlenmektedir. Türkiye ise 5,2 milyar dolarlık üretim değeriyle dokuzuncu sırada yer almakta ve küresel üretim değerine kayda değer bir katkı sunmaktadır (FAO, 2023).

Küresel ölçekte Covid-19 salgını ve hemen ardından başlayan Rusya-Ukrayna savaşı, buğday fiyatlarında hızlı bir yükselişe neden olmuş; fiyatlar 2022 yılının Ekim ayından itibaren düşüş eğilimine girmiştir (TEPGE, 2023). Türkiye’de 2013–2023 döneminde ekim alanlarında azalma gözlenmiş; üretim ve verimlilikte ise dalgalı bir seyir ortaya çıkmıştır. Bu dönemde özellikle 2021 yılından itibaren üretim ve verimde artış kaydedilmiş olsa da, küresel gelişmelerin etkisiyle fiyatlarda belirgin dalgalanmalar yaşanmıştır. 2023 yılında ekim alanı 68,3 milyon dekar, üretim 22 milyon ton ve verim 322 kg/dekar olarak gerçekleşmiş; durum buğdayı fiyatı 7,64 TL’ye yükselmiştir. Ancak 2024 yılında üretim %5,5 oranında azalarak 20,8 milyon tona gerilemiştir. Bu tablo, tarımsal üretim ve fiyat istikrarının küresel ölçekte yaşanan salgın hastalıklar, savaşlar ve ekonomik krizler gibi dışsal faktörlerden doğrudan etkilendiğini ortaya koymaktadır. Üretim, verim ve fiyatlardaki bu gelişmelerin yanı sıra, Türkiye’nin buğday arz-talep dengesi de sektörün genel görünümünü değerlendirmede kritik öneme sahiptir. Türkiye’nin 2023 yılı buğday denge tablosu, arz ve talep yapısının anlaşılması açısından önemlidir. Toplam 19,8 milyon tonluk üretimden 1,1 milyon ton kayıp yaşanmış, kullanılabilir üretim 18,6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 12,2 milyon tonluk ithalatla birlikte toplam arz 30,9 milyon tona ulaşmıştır. Bu miktarın 19,4 milyon tonu yurtiçinde kullanılmış; bunun 15,2 milyon tonu doğrudan insan tüketimine ayrılmıştır. Türkiye’nin kişi başına yıllık buğday tüketimi 178,6 kg olup, yeterlilik derecesi %95,9’dur (TÜİK, 2024). Bu veriler, buğday piyasasında istikrarın güçlendirilmesi açısından destekleme politikalarının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Türkiye’de tarım ve destekleme politikalarının tarihsel süreçteki değişimi ve etkileri üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu kapsamda, Koç (2000), Cumhuriyet’in ilk yıllarında İzmir İktisat Kongresi’nin tarım politikalarına etkisini ele alarak, bu dönemde uygulanan politikaların Türk ekonomisinin şekillenmesindeki önemini vurgulamıştır. Altuntaş (2021), 1991–2019 döneminde tarımsal üretim, ekonomik göstergeler ve tarımsal destekleri incelemiş; milli gelir artmasına rağmen üretimin azaldığını,

desteklerin etkisiz kaldığını ve daha sade, anlaşılır rehberlerle etkin finansal desteklemelere ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Yüceer ve ark. (2020), 2000–2020 döneminde tarımsal desteklerin milli gelire kıyasla yetersiz kaldığını, dışsal ve içsel dinamiklerden etkilendiğini, çözümün dengeli politikaların uygulanması olduğunu belirtmiştir. Ken ve Semerci (2023), Türkiye’de buğday üretimi ve destekleme politikalarını inceledikleri çalışmalarında, üretim, ithalat-ihracat, verim ve ödenen destekleri karşılaştırarak, fark ödemelerinin artan girdi maliyetleri karşısında yetersiz kaldığını ifade etmişlerdir. Sak (2023), Karaman ili özelinde yaptığı çalışmada, tarım politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiş ve tarım kooperatiflerinin daha etkin hale getirilmesi gerektiğini önermiştir. Tarlak (2024), Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası’nın Türkiye’nin tarım politikalarına etkisini analiz etmiş; uyum sürecinin üreticilere fırsatlar sunduğunu ancak rekabet gücü yetersizliği nedeniyle bazı olumsuzluklar doğurduğunu belirtmiştir. Son olarak Araç (2024), tarımsal destekleme politikalarının verimlilik ve rekabet gücü üzerindeki etkisini Türkiye ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında karşılaştırmış; Türkiye’nin benzer ülkelerin gerisinde kaldığını, altyapı, Ar-Ge, insan kaynağı ve teknoloji takibi açısından desteklemelerin yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye’de tarımsal destekleme politikalarının tarihsel süreçte önemli bir yere sahip olmakla birlikte, çoğu dönemde amaçlanan etkiyi tam anlamıyla sağlayamadığı ve daha etkin, sürdürülebilir politikalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

2. TÜRKİYE’DE TARIM POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE YENİ DESTEKLEME MODELİ

Türkiye’de tarım politikaları Osmanlı’nın yükselme döneminde şekillenmiş, tımar sistemi ve toprak düzenlemeleri ile belirlenmiştir. 19. yüzyılda kuraklık, uluslararası rekabet ve kapitülasyonlar üretimde gerilemeye yol açmıştır. Tanzimat Fermanı ile birlikte etkisini yitiren tımar sistemine 1858 yılında çıkarılan Arazi Kanunnamesi ile son verilmiş ve özel mülkiyete geçiş dönemi başlamıştır. 1877 yılında üreticilere finansal destek sağlaması için Ziraat Bankası kurulmuştur. 1859 yılında Tapu nizamnamesi ile tapulama harici alanların işletilmesi sağlanmış ve 1862 yılında ise pamuk üretiminde vergi muafiyeti uygulamasına geçilmiştir. Vergi muafiyeti uygulamasında ürün çeşitliliğinin artırılması ve tarım politikalarındaki iyileşmelere rağmen

kapitülasyonlar kapsamında gümrüksüz ürün giriş çıkışı ile mücadele edemeyerek 19. Yüzyılın sonlarında pirinç, buğday ve muhtelif ürünler ithal edilmeye başlanmıştır (Altuntaş, 2021).

Cumhuriyet döneminde İzmir İktisat Kongresi ile aşar vergisinin kaldırılması, tarım kredileri, makineleşme ve kooperatifleşme gibi politikalar ön plana çıkmış; Ziraat Bankası ve Toprak Mahsulleri Ofisi üreticiyi desteklemiştir. İktisat kongresinde alınan kararlar 1926 yılında Medeni Kanunun da devreye girmesiyle etkisini göstermeye başlamış, toprak satın alıp işlemeye başlayan çiftçilere ayrıca mera arazilerinin de tahsis edilmesiyle tarımsal üretim yapılan toprak miktarı genişletilmiştir. Genişleyen toprakların ilkel yöntemler yerine tarım makineleri ile işlenebilmesi için Ziraat Bankası aracılığı ile ithal edilen traktörlerin çiftçilere dağıtılması sağlanmıştır. Dağıtılan traktörlerin kullanımı ve bakımını üstlenecek yeterli insan kaynağı olmaması sorunun aşılabilmesi için tarımsal makineleri kullanabilen çiftçiler 2 yıl boyunca gümrük vergisinden ve askerlikten muaf tutulmuştur. Kurulan tohum ıslah istasyonları ile ücretsiz tohum ve fidan dağıtımına başlanmıştır. Uygulanan tarımsal politikalar etkisini göstermeye başlamış ve 1929 yılına kadar %8,9'luk tarımsal üretimde artış gerçekleşmiştir (Araç, 2024). 1950 sonrası Marshall yardımlarıyla hızlı makineleşme süreci başlamış, kalkınma planlarıyla (1960–2000) sanayileşme öncelikli olsa da tarımda kooperatifleşme, toprak reformu, ürün destekleri ve AB uyum süreci hedeflenmiştir. 2000 sonrası ise IMF ve Dünya Bankası anlaşmaları çerçevesinde doğrudan gelir desteği, ÇKS, organik tarım ve tarım sigortaları gibi düzenlemeler uygulanmış; Milli Tarım Projesi ve havza bazlı desteklerle stratejik ürün ve hayvancılık desteklenmiştir (Sak, 2023; Tarlak, 2024). Bu dönemde tarımsal destekleme politikalarının yasal çerçevesini güçlendiren en önemli düzenleme ise 18.04.2006 tarihinde yürürlüğe giren 5488 sayılı Tarım Kanunu'dur. Söz konusu Kanun, destekleme politikalarının temelini oluşturmuş ve bütçeden ayrılacak kaynağın GSMH'nin en az %1'i olması gerektiğini hükme bağlamıştır. Desteklemelerin büyük bölümü Alan Bazlı Destekler, Fark Ödemeleri ve Hayvancılık Desteklerinden meydana gelmiş; 2010'da başlatılan "Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli" kapsamında 30 havzada uygulanmıştır. Ayrıca üretici gelirlerini desteklemek amacıyla maliyetlerin piyasa fiyatının üzerinde olduğu durumlarda devreye

giren Fark Ödeme (Prim) Sistemi, ilk kez 1993'te uygulanmış, zaman içinde çeşitli ürünlere yayılmış ve 2017'de 17 ürünü kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Semerci, 2019).

Tablo 1' de görüldüğü üzere buğday üretimi için mazot, gübre, fark ödemesi, organik tarım, sertifikalı tohum ve toprak analiz destekleri sağlanmaktadır. Mazot, gübre ve fark ödemelerinde yıllar içinde enflasyona bağlı olarak önemli artışlar yaşanırken; organik tarım, sertifikalı tohum ve toprak analiz desteklerinin aynı oranda artmadığı, hatta bazı kalemlerde kısmen azalma görüldüğü dikkat çekmektedir. Mercan ve Özçelik (2024), çalışmasında desteklerin üretim maliyetlerindeki payı dikkate alındığında, güncellemelerin yetersiz kaldığını ve üretim üzerinde olumsuz etkiler yarattığını belirlenmiştir

Tablo 1. Buğday Üretimi Destekleme Birim Fiyatları

Destek türü	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mazot Desteği (TL/da)	15,00	19,00	19,00	22,00	75,00	103,00	123,00
Gübre Desteği (TL/da)	4,00	8,00	8,00	20,00	46,00	46,00	62,00
Fark Desteği (TL/da)	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00	1,75
Organik Tarım Desteği (Bireysel) (TL/da)	10,00	10,00	10,00	10,00	40,00	72,00	110,00
Organik Tarım Desteği (Üretici Grubu) (TL/da)	10,00	5,00	5,00	10,00	20,00	36,00	55,00
Katı Organik-Organomineral Gübre Desteği (TL/da)	0,00	10,00	10,00	20,00	20,00	30,00	40,00
Sertifikalı Tohum Kullanım Desteği (TL/da)	8,50	8,50	16,00	16,00	50,00	65,00	65,00
Sertifikalı Tohum Üretim Desteği (TL/kg)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Orijinal ve Üstü Tohumluk Üretim Desteği (TL/kg)	0,20	0,20	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Toprak Analizi Desteği (TL/Analiz)-(her 50 da için)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kaynak: T.C. Orman Bakanlığı; Ken ve Semerci, 2023

28 Ağustos 2024 tarihli ve 8859 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile yürürlüğe giren ‘Bitkisel Üretimde Yeni Destekleme Modeli ve Üretim Planlaması’, desteklemelerin ilk kez üç yıllık dönem için ve üretim sezonu öncesinde açıklanmasını sağlayarak sade, dinamik ve öngörülebilir bir yapıya kavuşturmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, son dönemde yetersiz kalan ve üreticilerin ihtiyaçlarını karşılamada eksik kalan destekler güncellenmiş; 2025-2027 yıllarında uygulanacak bitkisel üretime yönelik desteklemeler ile diğer bazı tarımsal destekler Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yeni destekleme modeli; temel destek, planlı üretim desteği, yer altı su kısıtı desteği ve üretimi geliştirme desteklerinden oluşmaktadır. Ağırlıklı olarak kullanılan destekler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Yeni Destekleme Modelinde Buğday Üretimi Destekleri

Destek Türü	Katsayı	Destek Katsayı Değeri (TL)	Destek Tutarı (TL/da)
Temel Destek	1,3	244	317
Planlı Üretim Desteği	1,3	244	317
Su Kısıtı Desteği	1,4	244	342
Sertifikalı Tohum Desteği	0,5	244	122
Katı organik ve organomineral gübre	0,21	244	51
Organik tarım desteği	0,6	244	146

Kaynak: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/08/20240829-1.pdf>

Desteklerin alan bazlı ve nakdi olarak ödeneceği belirtilmiş, tüm destekler “destek katsayı değeri” ile ilişkilendirilmiştir. 2025 üretim yılı için bu değer dekara 244 TL olarak belirlenmiş, ürünler girdilerin yoğunluğuna göre dört kategoriye ayrılmıştır. Buna göre 19 bitki türü, 1 bitki grubu ve diğer ürünler 4 kategoriye ayrılarak, her gruba farklı destek katsayıları uygulanmıştır. Buğday için katsayı 1,3 olup, temel destek miktarı 317 TL/da’dır. Bu desteğin mazot maliyetinin %50’sini, gübre maliyetinin ise %25’ini karşılaması hedeflenmektedir. Desteklemelerden yararlanabilmek için ÇKS’ye kayıt şartı bulunmaktadır. Daha önce yapılan düzenlemeler sayesinde bitkisel üretim yapan tüm üreticilerin kolaylıkla kayıt altına alınabildiği, bu sisteme kayıtlı ve başvuru yapan tüm üreticilerin temel desteklerden faydalanabileceği değerlendirilmektedir.

Üretilmesi Türkiye için stratejik önem arz eden ürünler için, her il ve ildeki ilçeler havza olarak tanımlanmış ve bu havzalarda öncelikli yetiştirilecek ürünler belirlenmiştir. Planlı üretim desteği, temel destekte olduğu gibi destek miktarı tutarının destek katsayısı ile çarpılması sonucu elde edilir. Stratejik ürünlerin belirlenen havzalarda öncelikli olarak ekilmesini teşvik eden planlı üretim desteği de aynı katsayı ile hesaplanmış ve buğday için 317 TL/da olarak belirlenmiştir. Böylece toplam destek miktarı 634 TL/da'ya ulaşmış, bunun mazot maliyetinin %100'ünü, gübre maliyetinin ise %50'sini karşılaması öngörülmüştür.

11 il ve 52 ilçeyi kapsayan yer altı su kısıtlı olan havzalar; Aksaray (Merkez, Eski, Gülağaç, Güzeyurt, Sultanhanı), Ankara (Bala, Gölbaşı, Haymana, Şereflikoçhisar), Eskişehir (Alpu, Beylikova, Çifteler, Mahmudiye, Mihaliççık, Sivrihisar), Hatay (Kumlu, Reyhanlı), Karaman (Ayrancı, Merkez, Kazımkarabekir), Kırşehir (Boztepe, Mucur), Konya (Akören, Altınekin, Akşehir, Cihanbeyli, Çumra, Derbent, Doğanhisar, Emirgazi, Ereğli, Güneysınır, Halkapınar, Kadınhanı, Karapınar, Karatay, Kulu, Meram, Sarayönü, Selçuklu, Tuzlukçu), Mardin (Artuklu, Derik, Kızıltepe), Nevşehir (Acıgöl, Derinkuyu, Gülşehir), Niğde (Altunhisar, Bor, Çiftlik, Merkez) ve Şanlıurfa (Viranşehir)'dir. Yer altı su kaynaklarının kısıtlı olduğu 11 il ve 52 ilçede buğday için 1,4 katsayısı uygulanarak 342 TL/da destek verilmesi kararlaştırılmış, bu havzalarda münavebe kuralları getirilmiştir. Ayrıca sertifikalı tohum, katı organik ve organomineral gübre ile organik tarım destekleri belirlenmiş; biyolojik mücadele, patates siğili, iyi tarım uygulamaları ve lisanslı depoculuk desteği gibi ek destekler de sisteme dahil edilmiştir. Buğday için lisanslı depoculuk desteği kira bedelinin %75'ini karşılamakta ve altı ay ile sınırlandırılmaktadır. Kırsal kalkınma kapsamında Çiftlik Muhasebe Veri Ağı (ÇMVA) desteği 1000 TL'den 1500 TL'ye yükseltilmiş, tarımsal yayım ve danışmanlık desteği ise %104 artırılarak danışman başına 294.000 TL'ye çıkarılmıştır. Arz açığı bulunan ürünlerde maliyet ve piyasa fiyatları dikkate alınarak fark ödemesi desteğinin devam edeceği, buğday başta olmak üzere planlama kapsamına alınan ürünlerde sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik uygulamanın süreceği ifade edilmiştir.

2018–2024 döneminde buğday üretimine verilen destekler incelendiğinde, mazot ve gübre desteklerinde belirgin artışlar görülmesine rağmen maliyetleri karşılamada yetersiz kalmıştır. Bu dönemde fark ödemeleri toplam desteklerin en önemli kalemini oluşturmuş; özellikle 2023 ve 2024 yıllarında ek fark ödemeleri sayesinde destekler ÜFE’nin üzerine çıkabilmiştir (Tablo 3).

2025 yılında yürürlüğe girecek yeni destekleme modeliyle mazot ve gübre destekleri “Temel Destek” ve “Planlı Üretim Desteği” çatısı altında sadeleştirilmiş, özellikle su kısıtı olan alanlarda sağlanan ek desteklerle önemli bir artış sağlanmıştır. Fark ödemesi desteği ise yeni modelde belirsiz bırakılarak her yıl piyasa koşullarına göre yeniden belirlenecektir. Organik tarım, katı organik–organomineral gübre ve sertifikalı tohum destekleri korunmuş olmakla birlikte, görece düşük seviyelerde kalmıştır. Toplam destek miktarı 2018’de 51,2 TL/da iken 2024’te 964 TL/da’ya, 2025’te ise 953 TL/da (su kısıtı olmayan bölgeler) ve 1.295 TL/da (su kısıtı olan bölgeler) seviyesine ulaşmıştır. Dolayısıyla, 2025 desteklerinin ÜFE’nin üzerinde gerçekleşmesi, modelin önceki yıllara kıyasla daha dengeli bir yapıya yöneldiğini ortaya koymaktadır (Tablo 3).

Bu çalışmanın amacı, 2025–2027 döneminde uygulanacak yeni destekleme modeline ilişkin üretici görüşlerini ortaya koymak ve elde edilen bulgular doğrultusunda karar vericilere tarımsal destekleme politikalarının geliştirilmesine yönelik katkı sağlamaktır.

Tablo 3. Eski ve Yeni Desteklerin Karşılaştırılması

Destek Türü	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 (Su Kısıtı Olmayan)	2025 (Su Kısıtı Olan)
Mazot Desteği (TL/da)	15,00	19,00	19,00	22,00	75,00	103,00	123,00	634 (T+P)	976 (T+P+S)
Gübre Desteği (TL/da)	4,00	8,00	8,00	20,00	46,00	46,00	62,00	634 (T+P)	976 (T+P+S)
Fark Desteği (TL/da)	13,70	27,80	29,60	26,20	29,80	322,00	564,00	Belirsiz	Belirsiz
Organik Tarım Desteği (Bireysel) (TL/da)	10,00	10,00	10,00	10,00	40,00	72,00	110,00	146	146
Katı Organik-Organomineral Gübre Desteği (TL/da)	0,00	10,00	10,00	20,00	20,00	30,00	40,00	51	51
Sertifikalı Tohum Kullanım Desteği (TL/da)	8,50	8,50	16,00	16,00	50,00	65,00	65,00	122	122
Toplam Destek TL	51,20	83,30	92,60	114,20	260,80	638,00	964,00	953	1295
Üretici Fiyat Endeksi % (Yıllık)	32,93	8,84	26,16	93,53	86,46	44,20	27,20	21,00	21,00
ÜFE'ye göre destek miktarındaki artış	68,06	74,08	93,46	180,86	337,24	486,30	618,57	748,47	748,47

Kaynak: Yeni Destekleme Modeli ve Üretim Planlaması Konusundaki Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, Tarım Orman Bakanlığı Destekleme Bültenleri, TÜİK ve TCMB verileri kullanılarak oluşturulmuştur

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın materyalini, üreticilerden anket yoluyla elde edilen veriler oluşturmaktadır. Batman İl Tarım ve Orman Müdürlüğünde Batman Merkezde buğday üretimi yapan Çiftçi Kayıt Sistemine kayıtlı 925 üretici ana kitleyi oluşturmaktadır. Güven aralığı %95 ve hata payı %10 kabul edildiğinde anket yapılacak işletme sayısı oransal örnek hacmi formülüne göre 65 olarak belirlenmiş ve 5 katılımcı ilave edilerek 70'e tamamlanmıştır.

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

n = Örnek hacmi; N = Toplam üretici sayısı

p = Örneğe girecek üreticilerin oranı σ_{px}^2 = Oranın varyansıdır.

70 buğday üreticisi ile 19 soruluk bir anket çalışması yapılmış ve üreticilerin demografik özellikleri, arazi varlıkları, bitkisel üretim çeşitliliği, tarımsal desteklerden yararlanma durumları belirlenerek yeni destekleme modeli hakkındaki görüşleri alınmıştır. Bilgi toplamayı hedefleyen soruların çoktan seçmeli olarak sorulduğu anket çalışmasında, üreticilerin yeni model hakkındaki görüşlerini belirlemek için beşli likert ölçeği kullanılmış olup, beklenen fayda ve alınabilecek önlemlere ait görüşler için açık uçlu sorular yöneltilmiştir.

4. BULGULAR

Ankete katılan üreticilerin büyük çoğunluğu (%86) erkek olup, kadın katılımcıların oranı %14'te kalmıştır. Ortalama yaş 47,4 olup, katılımcıların önemli bir kısmının (%26) 41–50 yaş aralığında yer aldığı görülmektedir. Türkiye'nin farklı illerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde; Türkiye'nin 7 ilinde 564 üreticiyle yapılan ankette buğday üreticilerinin yaş ortalaması 53,7 olarak bulunmuştur (Taşçı ve ark., 2023). Bu durum, örneklemin aktif üretim çağında ve tarımsal deneyimi yüksek bireylerden oluştuğunu göstermektedir. Eğitim durumunda lise mezunları (%40) ilk sırada yer almakta, ardından ilköğretim mezunları (%31) gelmektedir. Bu bulgu, üretici profilinin ağırlıklı olarak ortaöğretim seviyesinde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Ortalama hane halkı büyüklüğü 6,4 kişi iken, ortalama tarımsal deneyim süresi 19 yıl olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, üreticilerin tarımsal üretimde uzun yıllara dayalı bir bilgi birikimine sahip olduğunu göstermektedir. Katılımcıların demografik özellikleri ve tarımsal deneyim sürelerine ilişkin ayrıntılar Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Kategori	Alt Kategori	Sayı (n)	Oran (%)
Cinsiyet	Erkek	60	86,00
	Kadın	10	14,00
	Toplam	70	100,00
Yaş	20-30 arası	7	10,00
	31-40 arası	16	22,86
	41-50 arası	18	25,71
	51-60 arası	15	21,43
	60+	14	20,00
	Toplam	70	100,00
	Ortalama Yaş	47,4	
Eğitim Durumu	Okur-yazar	10	14,29
	İlköğretim	22	31,43
	Lise	28	40,00
	Üniversite	10	14,29
	Toplam	70	100,00
Hane Halkı Birey Sayısı	1-5 Kişi	31	44,29
	6-8 Kişi	28	40,00
	9+ Kişi	11	15,71
	Toplam	70	100,00
	Ortalama Kişi	6,39	
Tarımsal Deneyim Süresi	10 yılı kadar	24	34,29
	11-20 yıl arası	18	25,71
	21-30 yıl arası	15	21,43
	30+ yıl	13	18,57
	Toplam	70	100,00
	Ortalama Deneyim (yıl)	18,9	

Katılımcıların ortalama arazi büyüklüğü 122,13 da olup, işletmelerin çoğunun (%55) susuz arazi işlediği görülmüştür. Sulu arazilerin ortalaması 86,4 da iken, susuz arazilerde bu rakam 91,31 da olarak belirlenmiştir. Hem sulu hem de susuz araziye birlikte işletenlerin ortalaması ise 309,5 da ile diğer grupların oldukça üzerindedir. Bu sonuç, sulama imkanlarının arazi büyüklüğünde belirleyici olduğunu göstermekte ve özellikle sulama altyapısına sahip işletmelerin daha geniş alanlarda faaliyet gösterebildiğini ortaya koymaktadır. İşletmelerin arazi varlıklarına ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. Katılımcıların Arazi Varlığı

Arazi varlığı	Ortalama (da)	Oran %	Sulu Arazi (Sayın)	Sulu Arazi (Ortalama da)	Susuz Arazi (Sayın)	Susuz Arazi (Ortalama da)	Sulu/Susuz (Sayın)	Sulu/Susuz (Ortalama da)
50 (da) altında	26,54	31,4	1,0	19	21,0	27,9	0,0	0
50-100 (da) arası	67,63	30	3,0	77,66	17,0	64,55	1,0	90
100-200 (da) arası	140,65	24,3	1,0	180	14,0	132,93	2,0	175
200 (da) üzeri	415,40	14,3	0,0	0	3,0	499,7	7,0	379,3
Tüm Araziler (da)	122,13	100	5	86,4	55	91,31	10	309,5

İşletmelerin %72,9'u mülk arazilerde üretim yaparken, %17,1'i kiralık, %10'u ise mülk ve kira arazilerini birlikte işletmektedir. Bu bulgu, üretim faaliyetlerinde mülkiyetin ağırlıkta olduğunu göstermektedir (Tablo 6). Öztürk (2020) ve Öztürk ve ark. (2023) tarafından Muş ilinde buğday üreticileri ile yapılan çalışmada, üreticilerin büyük kısmının kendi mülk arazisi olduğu, arazi büyüklüğünün 100 da ve üzerinde olduğu sonuçları ile çalışma sonuçlarının benzer olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6. Arazi Tasarruf Şekli

Tasarruf Şekli	Alan (da)	Oran %	Ortalama
Mülk	5368,1	72,9	105,3
Kira	1411,0	17,1	117,6
Mülkiyet/Kira	1770,0	10,0	252,9

Tüm işletmeler buğday üretmekte olup, yalnızca bir işletmede buğday ile birlikte mercimek üretimi yapılmıştır. Ortalama buğday satış fiyatı 10,7 TL, ortalama parsel sayısı ise 8,9'dur. Toplamda 6.318,2 da alanda 24.316 ton buğday üretilirken, mercimek üretimi 90 da alanda 18 ton ile sınırlı kalmıştır. Bu tablo, çalışmanın temel ürününün buğday olduğunu ve diğer ürünlerin oldukça sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Üretim Verileri

Üretim	Üretim Alanı (da)	Ortalama Satış Fiyatı (TL)	Üretim Miktarı (ton)
Buğday	6318,2	10,7	24316
Mercimek	90	16,0	18
Toplam Üretim	6408,2		24334

Katılımcıların %37,1'i Ziraat Odası'na, %20'si Tarım Kredi Kooperatiflerine üyedir. Ancak %42,9'luk önemli bir kesim herhangi bir kuruluşa üye olmadığını belirtmiştir. Bu durum, üreticilerin örgütlenme düzeyinin sınırlı kaldığını göstermektedir (Tablo 8). Desteklemeler hakkında bilgi edinme kaynakları incelendiğinde, İl ve İlçe Tarım Müdürlüklerinin %87,1 oranında en çok başvurulmuş kurum olduğu, Ziraat Odaları ve Çiftçi Birliklerinin ise %12,9 gibi düşük bir oranda tercih edildiği görülmektedir. Bu bulgu, üreticilerin resmi kurumları temel bilgi kaynağı olarak gördüklerini, örgütlü yapıları ise ikinci planda tuttuklarını ortaya koymaktadır (Tablo 9).

Tablo 8. Tarımsal Kuruluşlara Üyelik Durumu

Tarımsal Kuruluş	Sayı (n)	Oran %
Tarım Kredi	14	20,0
Ziraat Odası	26	37,1
Hiçbir Kuruluşa Üye Olmayanlar	30	42,9
Toplam	70	100,0

Tablo 9. Tarımsal Desteklemeler Hakkında Bilgi Alma Kaynağı

Bilgi Kaynağı	Sayı (n)	Oran %
İl, İlçe Tarım Müdürlükleri	61	87,1
Ziraat Odaları ve Çiftçi Birlikleri	9	12,9
Toplam	70	100,0

Katılımcıların tamamının mevcut desteklerden yararlandığı, ancak yalnızca %58,6'sının bu desteklerden memnun kaldığı belirlenmiştir. Aksoy ve ark. (2025), benzer şekilde çalışmalarında, tarımsal desteklerden memnuniyet durumları analiz etmiş olup, dikkate değer bir memnuniyetsizlik ortaya çıktığını belirlemişlerdir. İşletmelerin %30'unun az memnun olması ve %28,2'sinin hiç memnun olmaması, toplamda %58,2'lik bir memnuniyetsizlik oranına işaret etmektedir. Sadece %17'sinin memnun ve %3'ünün çok memnun olması, mevcut destek sisteminin beklentileri karşılamakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Yeni destekleme modeli hakkında bilgi sahibi olduğunu ifade

edenlerin oranı %97 gibi oldukça yüksek bir seviyededir. Katılımcıların %67'si modeli olumlu değerlendirmiş, %63'ü ise üreticiye katkı sağlayacağını belirtmiştir. Bununla birlikte, %53'ü destek ödemelerinde yaşanan sorunların azalacağını düşünürken, %73'ü modelin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Eski ve yeni destekleme modellerine ilişkin katılımcı görüşlerinin oransal dağılımı Tablo 10'da sunulmaktadır. Literatürde de benzer bulgulara rastlanmaktadır. Nitekim Abay ve ark. (2017), Türkiye'de 1008 üretici ile gerçekleştirdikleri anket çalışmasında, üreticilerin özellikle gübre, mazot ve fark ödemeleri dışındaki desteklerden yararlanma oranlarının oldukça düşük olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada ayrıca desteklerden en fazla yararlananların, geniş arazi varlığına sahip olan, mülk arazilerini işleyen ve eğitim seviyesi yüksek üreticiler olduğu vurgulanmıştır. Topçu (2008) tarafından yapılan araştırmada, yaş ilerledikçe tarımsal destekleme politikalarına yönelik isteğin azaldığı; buna karşılık eğitim düzeyi, çiftçi aile büyüklüğü ve işlenen arazi büyüklüğü arttıkça tarımsal desteklemelerden yararlanma istekliliğinin yükseldiği belirlenmiştir. Bu bulgular, mevcut araştırmada elde edilen sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde, tarımsal desteklemelerin üretici profiline göre farklı etkiler yarattığını ve destekleme politikalarının etkinliğinde üretici özelliklerinin belirleyici olduğunu göstermektedir.

Tablo 10. Eski ve Yeni Destekleme Modeli Hakkında Katılımcı Tutumları

Soru	Evet (n)	Evet (%)	Hayır (n)	Hayır (%)
Desteklerden Yararlanıyor musunuz?	70	100,0	0	0,0
Desteklerden Memnun musunuz?	41	58,6	29	41,4
Yeni Destekleme Modeli Hakkında Bilginiz Var mı?	68	97,1	2	2,9
Yeni Destekleme Modelini Olumlu Değerlendirir misiniz?	47	67,1	21	30,0
Yeni Destekleme Modelinin Üreticiye Katkı Sağlayacağını Düşünüyor musunuz?	44	62,9	24	34,3
Yeni Destekleme Modeli ile Daha Önce Desteklemelerde Yaşanan Sorunlar Size Azalır mı?	37	52,9	31	44,3
Bitkisel üretimde destekleme modelinin geliştirilmesi gerektiğini düşünüyor musunuz?	51	72,9	2	2,9

Eski tarımsal destek ödemelerinde karşılaşılan başlıca sorunların, %49 oranıyla desteklerin zamanında ödenmemesi ve %40 oranıyla desteklerin yetersizliği olduğu belirlenmiştir (Tablo 11). Literatürde de benzer sorunlara

işaret edilmektedir. Kalabak ve Aslan (2021), Balıkesir ilinde yürüttükleri çalışmada alan bazlı desteklerin buğday üretimine etkisini incelemiş ve mevcut desteklerin üreticiye doğrudan verilmesinden piyasa aktörleri üzerinden yönlendirilmesinin maliyetleri azaltılabileceğini savunmuşlardır. Örneğin, gübre desteğinin çiftçiye doğrudan verilmesi yerine, gübre üreticilerinin uygun kredilerle desteklenmesinin daha etkin sonuçlar doğuracağını ileri sürmüşlerdir. Araştırmada ayrıca mevcut desteklerin üreticiye tam anlamıyla ulaşmadığı ve ürün fiyatlarını dengelemediği vurgulanarak, alan bazlı destekler yerine yönlendirici desteklerin gerekliliği ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Konyalı ve Gaytancıoğlu (2007), Trakya bölgesinde 262 çiftçi ile yaptıkları anket çalışmasında, buğday üretiminde karşılaşılan temel sorunları ortaya koymuşlardır. Çalışmada, çiftçilerin eğitim seviyesi, un ürünleri tüketimindeki artış, münavebeye uygun üretim yapılmaması ve düşük verimin üretime olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bölgede kullanılan çok sayıda (35'e varan) buğday tohumu çeşidinin üretimde standardizasyonu zorlaştırdığı, Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) alımlarında yaşanan sorunların ise üreticiler açısından önemli sıkıntılar doğurduğu belirtilmiştir.

Tablo 11. Desteklemelerde Karşılaşılan Sorunlar

Sorun	Sayı (n)	Oran %
Desteklerin zamanında ödenmemesi	34	48,6
Bilgilendirmelerin yetersizliği	3	4,3
Destek miktarının azlığı	28	40,0
Bürokratik sorunlar	2	2,9
Diğer	3	4,3
Toplam	70	100,0

Yeni modelin sağlayacağı faydalara ilişkin olarak üreticilerin %44'ü ürün çeşitliliğinin, %31'i ise gelir düzeyinin artacağını ifade etmiştir. Buna karşın, yeni model hakkında dile getirilen endişeler arasında uygulamada zorluk yaşanması (%47), ödemelerin geç yapılması (%24) ve yeterli bilgilendirme yapılmaması (%19) öne çıkmaktadır (Tablo 12 ve Tablo 13).

Tablo 12. Yeni Modelin Hangi Alanlarda Üreticilere Fayda Sağlayacağını Düşünüyorsunuz?

Alan	Sayı (n)	Oran %
Gelir düzeyinin artması	22	31,4
Pazar erişiminin kolaylaşması	3	4,3
Üretim maliyetlerinin düşmesi	12	17,1
Ürün çeşitliliğinin artması	31	44,3
Cevapsız	2	2,9
Toplam	70	100,0

Tablo 13. Yeni Destekleme Modelinin Uygulanmasıyla İlgili Hangi Endişeleriniz Var?

Endişe	Sayı (n)	Oran %
Destek ödemelerinin geç yapılması	17	24,3
Uygulama zorlukları	33	47,1
Yetersiz bilgi ve eğitim desteği	13	18,6
Diğer	7	10,0
Toplam	70	100,0

Katılımcılardan yeni destekleme modeli ile ilgili sunulan önermelere 1–5 arasında puan vermeleri istendiğinde, **“yapılacak bilgilendirmelerin yeterli düzeyde olması gerektiği”** seçeneği 4,9 puan ile en yüksek ortalamaya ulaşmıştır. Katılımcıların sunulan önermelere katılım düzeyleri Şekil 1’de verilmiştir.

**Şekil 1.** Yeni Destekleme Modeli Hakkına Üretici Görüşleri

Katılımcılara, yeni destekleme modelinden bekledikleri faydalar ile modelin iyileştirilmesine yönelik önerdikleri önlemler açık uçlu olarak sorulmuş ve farklı ifadelerle sunulan yanıtlar benzer içeriklerine göre gruplandırılarak Tablo 14’de özetlenmiştir. Yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun yeni modelin ürün çeşitliliğini artıracığı, gelir düzeyini yükselteceği ve planlı üretimi destekleyeceği yönünde beklenti içerisinde oldukları görülmüştür. İyileştirmeye yönelik önerilerde ise özellikle model hakkında eğitim ve bilgilendirme faaliyetlerinin artırılması ile verilen desteklerin yerinde kullanılıp kullanılmadığının denetlenmesi ön plana çıkmıştır.

Tablo 14. Yeni Destekleme Modelinden Beklenen Faydalar ve Önerilen Önlemler

Beklenen Fayda	Katılımcı Sayısı
Ürün Çeşitliliği	7
Gelir Desteği	7
Planlı Üretim	4
Maliyette Azalma	3
Üretimde Artış	2
Ülke Ekonomisine Fayda	1
Hızlı Pazar Bulma	1
Su Kısıtı Desteği	1
Fayda Beklemeyen	1
Toplam Cevap	27
Önerilen Önlem	Katılımcı Sayısı
Eğitim Verilmesi	12
Denetim Yapılması	5
Erken Ödeme Yapılması	2
Sürdürülebilir Olmalı	2
Desteklerin Arttırılması	2
Bölgesel Destek Uygulanmalı	2
Toplam Cevap	25

5. SONUÇ

Türkiye’de tarımsal destekleme politikaları tarihsel süreçte önemli bir yer tutmakla birlikte, çoğu dönemde üretici beklentilerini tam olarak karşılayamamıştır. 2025–2027 döneminde uygulanmak üzere açıklanan yeni destekleme modeli, ilk kez üretim döneminden önce duyurulmuş ve temel destek, planlı üretim desteği, yer altı su kısıtı desteği, üretimi geliştirme desteği, kırsal kalkınma desteği ve fark ödemeleri olmak üzere altı ana başlık altında toplanmıştır. Bu modelle birlikte desteklerin sadeleştirilmesi, öngörülebilir hale

getirilmesi ve alan bazlı nakdi ödemelerle dinamik bir yapıya kavuşturulması hedeflenmiştir.

Anket sonuçları, üreticilerin mevcut desteklerden yararlanmakla birlikte yalnızca %58,6'sının memnun olduğunu, yeni destekleme modeli hakkında bilgi sahibi olanların oranının %97 olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcıların %67'si yeni modeli olumlu bulmuş, %63'ü üreticiye katkı sağlayacağını belirtmiştir. Bununla birlikte, %53'ü destek ödemelerinde yaşanan sorunların azalacağını düşünürken, %73'ü modelin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Eski modelde en büyük sorunların desteklerin zamanında ödenmemesi ve yetersizliği olduğu, yeni modelden ise ürün çeşitliliği ve gelir düzeyinin artması yönünde beklenti bulunduğu belirlenmiştir. Öte yandan, uygulamada zorluklar yaşanması, ödemelerin geç yapılması ve yeterli bilgilendirmenin sağlanmaması yönündeki endişeler dikkat çekmektedir.

Çalışma sonuçları göstermektedir ki, yeni destekleme modeli, tarımsal desteklerin daha öngörülebilir, sade ve alan bazlı bir yapıya kavuşturulması açısından önemli bir adım olmakla birlikte, uygulamanın başarısı birkaç kritik faktöre bağlıdır. Öncelikle, fark ödemelerinin piyasa koşullarına göre etkin biçimde belirlenmesi ve buğday alım fiyatlarının maliyetleri karşılayacak düzeyde açıklanması gerekmektedir. Ayrıca, üreticilerin beklentileri doğrultusunda bilgilendirme faaliyetlerinin güçlendirilmesi ve desteklerin yerinde kullanımının etkin denetim mekanizmalarıyla takip edilmesi önem arz etmektedir.

Bölgesel farklılıkların dikkate alındığı, üretici örgütlerinin daha aktif rol aldığı ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir destekleme yapısının geliştirilmesi, hem üretici gelir istikrarının sağlanmasına hem de ulusal gıda güvenliğinin güçlendirilmesine katkıda bulunacaktır. Sonuç olarak, yeni model üreticiler açısından umut verici bir çerçeve sunsa da, modelin nihai başarısı, uygulamadaki esneklik, şeffaflık ve etkinlik düzeyiyle yakından ilişkili olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abay, C., Türkecul, B., Ören, M., Güner, B., & Özalp, B. (2017). Türkiye’de üreticilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumu üzerine inceleme. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 130–136.
- Acar, M., & Bulut, E. (2009). Türkiye’de ve dünyada tarımsal destekleme politikalarında son gelişmeler. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(17), 1–19.
- Aksoy, A., Özdemir, F. N., & Arslan, M. (2025). Tarımsal desteklerden yararlanma durumu üzerine araştırma: TRA1 bölgesi örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 1–11.
- Altuntaş, H. (2021). *Türkiye’de tarım destekleme politikaları ve etkinliğinin artırılmasına yönelik değerlendirme* [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Ana Bilim Dalı].
- Araç, Ö. (2024). *Tarımsal destekleme politikalarının verimlilik ve rekabet gücü üzerindeki etkisinin incelenmesi* [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Politikası Ana Bilim Dalı].
- FAO. (2023). *Food and agricultural commodities production database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 06.10.2025)
- Kalabak, A., & Aslan, R. (2021). Bazı alan bazlı tarımsal desteklerin buğday üretimi üzerindeki etkisi: Balıkesir örneği (2009–2015). *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39(1), 85–102.
- Karakaya, M. C. (2023). *OECD ülkelerinde tarımsal destekleme politikalarının tarımsal verimlilik üzerindeki etkisi* [Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Ken, E., & Semerci, A. (2023). Türkiye’de buğday üretimi ve destekleme politikaları. *3rd International Congress of the Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, Malatya, Türkiye.
- Koç, İ. (2000). İzmir İktisat Kongresi'nin Türk ekonomisinin oluşumuna etkileri. *Atatürk Dergisi*, 3(1), 145–167.
- Konyalı, S., & Gaytancıoğlu, O. (2007). Türkiye’de buğdayda uygulanan tarım politikaları ve Trakya Bölgesi buğday üreticilerinin sorunları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(3), 249–259.
- Mercan, A., & Özçelik, A. (2024). Tarımsal girdi desteklerinin buğday üretim maliyetindeki önemi. In *Tarım Ekonomisinde Yeni Yaklaşımlar* (ss. 1–20). Bidge Yayınları.
- OECD. (2023). *Agricultural policy monitoring and evaluation 2023: Adapting agriculture to climate change*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/0f0edb36-en>
- Öztürk, F. (2020). *Muş ili buğday üretimini etkileyen faktörlerin mevcut durumu ve analizi* [Yüksek lisans tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı].

- Öztürk, F., Kılıç, H., & Karakaya, E. (2023). Muş ili buğday üretiminin mevcut durum analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), 116–132.
- Sak, Z. (2023). *Türkiye’de tarım politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Karaman ili örneği* [Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Semerci, A. (2019). Türkiye’de Tarımsal Destekleme Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1): 181–186.
- Semerci, A., & Yurt, İ. (2025). Türkiye’de tarımsal destekleme uygulamaları: Yağlık ayçiçeği üretimi–Çanakkale ili örneği. *Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(1), 41–56.
- Taşcı, R., Tarhan, S., Söylemez, E., Özercan, B., Hamarat, T., Karabak, S., Bolat, M., Orman, T., & Kılıç, G. (2023). Üreticilerin kırsaldan göç etme düşünceleri ve buğday üretimi üzerine olası etkisi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 10(4), 865–875.
- Tarlak, N. (2024). *Avrupa Birliği ortak tarım politikalarının Türkiye’nin tarım politikasına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Politik Ekonomi Ana Bilim Dalı].
- TEPGE. (2023). *Buğday durum tahmin raporu*. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Topcu, Y. (2008). Çiftçilerin tarımsal destekleme politikalarından faydalanma istekliliğinde etkili faktörlerin analizi: Erzurum ili örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 205–212.
- TÜİK. (2024). *Türkiye İstatistik Kurumu*. <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 06.10.2025)
- Yüceer, S. E., Tan, S., & Semerci, A. (2020). Türkiye’de 2000–2020 döneminde tarımsal destekleme politikalarının gelişiminin incelenmesi. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 1(2), 36–46.

BÖLÜM 6

ZEYTİN TARIMINDA HASAT MEKANİZASYONU VE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: ÇANAKKALE-EZİNE ÖRNEĞİ

Nilay KARAKAŞ¹¹

Prof. Dr. Sakine ÖZPINAR^{12*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493826>

¹¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye. nilay@comu.edu.tr, orcid id: orcid.org/0000-0007-2214-2172

¹² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi , Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye. sozpinar@comu.edu.tr, orcid id: 0000-0002-4132-5931

*:Yüksek Lisans öğrencisi Nilay Karakaş'ın tezinin ön verilerinin bir kısmını oluşturmaktadır.

1. GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea* L.), Oleaceae familyasına ait ve 500 yıldan fazla yaşayan bir ağaç veya çalıdır. Dünyanın en eski kültür ağacı olan zeytinin kökeni 6000 yıl önce Akdeniz havzasında yer alan Türkiye ve Suriye arasındaki Orta Doğu bölgesinde yaşamış olan yabani atasına (*Olea europaea* ssp. *europaea* var. *sylvestris*) dayanmaktadır (Messina ve ark., 2025). Dünyanın her iki yarım küresinde ve özellikle 30°-45° enlemleri arasında yetişmektedir. Orta Doğu bölgesinde bulunan bazı zeytin ağaçları 1000 yaşın üzerinde (Wiesman, 2009) olup, 8 m kadar geniş taç ve 12 m aşan yüksekliğe sahiptir. Yağlık ve sofralık olmak üzere iki farklı çeşidi olan zeytinin, ekonomik olarak öne çıkan bazı çeşitleri bulunmaktadır. Yağlık çeşitler Arbequina ve Picual (İspanya), Koroneiki ve Halkidiki (Yunanistan), Ayvalık (Türkiye) (Wiesman, 2009, Fraga ve ark., 2021) iken, sofralık çeşitler ise Manzanilla, Gordal (İspanya), Kalamata (Yunanistan), Ascolano (İtalya), Barouni (Tunus), Memeli, Gemlik (Türkiye) ise en yaygın olanlardır. Zeytin, Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde en eski bir tarım ürünü olmasına rağmen, daha sonraları dünyada zeytinyağı ve zeytin ürünlerine olan talebin artmasıyla birlikte Arjantin, Şili, Meksika, Peru, Uruguay, ABD'nin batısı ve Avustralya gibi Akdeniz iklimine sahip diğer ülkelerde de ekonomik olarak yetiştirilmeye başlanmıştır. Akdeniz havzasında yer alan ülkelerin ekonomisinde önemli bir yere sahip olan zeytin, beş kıtada 47 ülkeyi kapsayan zeytin üretim alanının 10 milyon hektarı bu ülkelerde olmak üzere küresel bazdaki toplam alanı 11 milyon hektarı aşmış ve 21 milyon ton (%95'i Akdeniz havzası) üretim sağlamıştır. Bu potansiyel varlığı ile dünya genelinde yaklaşık 7 milyonun üzerindeki ailenin zeytin ağacına sahip olduğu ve ortalama aile başına 1.67 hektar düşmektedir (Fraga ve ark., 2021).

Zeytin su kısıtlılığının olduğu bölgelerde yaşaması ve kuraklığa dayanıklı olmasına rağmen, suyun varlığı vejetatif büyüme ve verim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu özellikleriyle bilinen zeytin ağacı, aynı zamanda toprak verimliliği düşük olan ortamlarda yetişen bir bitkidir (Fraga ve ark., 2021). Ayrıca toprağa karbonu hapsederek toprakta organik madde birikimini artırmakta ve doğal kaynakların korunması gibi çeşitli ekosistemlere hizmete sağlamaktadır (Proietti ve ark., 2017). Diğer yandan zeytin aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan önemli bir ürün olup, aynı zamanda Akdeniz'i simgeleyen bir kültürün de parçasıdır (Fernández-Escobar ve ark., 2013).

Ekonomik olarak sanayi, ticaret ve hizmet sektörlerinde önemli bir rol oynadığı gibi üretim süresince istihdam ve hasat sonrası ürün düzeyinde gelir yaratılmasına katkıda bulunmaktadır (Ghonimy ve ark., 2025). Dolayısıyla zeytin tarımı yapılan işletmelerde zeytin yetiştiricinin ötesinde, hasat, taşımacılık, yağ çıkarma, finansal hizmetlere kadar pazarlama sürecinin her aşamasında ürünün genel değerini artırmaktadır (Golmohammadie ve ark., 2022). Ancak son yıllarda artan sıcaklıklar ve azalan yağışlarla birlikte yaşanan su kıtlığı zeytin üretimini etkilemiş ve gelecekte su gereksinimini artırarak potansiyel üretim alanlarında %45'lik bir düşüşe yol açacağı düşünülmektedir (Fraga ve ark., 2021). Dolayısıyla önümüzdeki yıllarda zeytin yetiştirme alanlarını hem azaltacak hem de tehdit edecek yeni çevresel zorluklar ortaya çıkacağı ve bunun için özellikle sıcaklık ve yağışa yönelik model tahminlerinin yapılması gerektiği belirtilmektedir (IPCC, 2022). Artan sıcaklık ve azalan yağış miktarı verim kaybı ile meyve veya yağ kalitesinde farklılıklara yol açacaktır. Bu nedenle ülkemizin yer aldığı Akdeniz havzasının ekonomisinde önemli rol oynayan zeytin yetiştiriciliği, bu temel iklim faktörü bakımından baskı altına girebilecek potansiyel varlığa sahiptir. Bu anlamda yapılan çalışmalarda ürün veriminin sıcaklıkla direk bağlantılı olduğu ve çiçeklenme dönemi için yıllık ortalama $16.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 'lik optimum bir sıcaklık olarak tanımlanmaktadır (Kaniewski ve ark., 2023). Meyve büyümesi ve gelişimi için en düşük sınır değer 14°C ve normal sıcaklığın ise $15-25^{\circ}\text{C}$ arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Efe ve ark., 2013). Özellikle yakın dönemde ekvatora yakın Lübnan ve benzeri ülkelerde daha da artacak sıcaklığın zeytin ağacı büyümesi ve zeytinyağı üretimi üzerine olumsuz etkileri olacaktır. Buna karşın, soğuğa ve özellikle dona hassasiyeti olan zeytin ağacının dokusu genellikle -5°C 'de ölmekte ve bu sıcaklığın altında ise çeşitlere bağlı olarak yaprak, sürgün, dal ve gövde aksamaları donmakta ve verimde düşüşlere neden olmaktadır (Efe ve ark., 2013). Diğer yandan gereksinim duyulan yıllık yağış miktarı 700-850 mm arasında zeytinin optimum yağış isteği 575 ± 22 mm değeridir (Kaniewski ve ark., 2023). Yağış miktarının önemli olduğu ilkbahar ve yaz dönemlerinde sırasıyla 128 ± 5 mm (101-140 mm arası) ve 46 ± 5 mm (17-57 mm arası) olması gerektiği belirtilmektedir. Örneğin yıllık yağış miktarı 450 mm olan bir bölgede, ilkbaharda <100 mm ve yazın <17 mm'nin altına düştüğünde, ağacın optimum meyve verme döngüsü oluşmamakta ve zeytin üretimi kuraklıktan etkilenebilmektedir (Kaniewski ve ark., 2023).

Zeytin tarımı eski olmasına rağmen özellikle 1950'lerden bu yana ekonomik sürdürülebilirliğini artırmak için üretim sistemleri değişmiştir (Fernández-Escobar ve ark., 2013). En eski ve şu anda halen kullanılmakta olan geleneksel sistemlere göre tesis edilmiş bahçelerde, kuruda veya yağmurla beslenen koşullar altında geniş sıra aralıklı ağaçlar (genellikle 50-160 ağaç/ha) yer almaktadır. Bu özellikteki sistemler, toprak tipi, topografya, iklim özellikleri gibi yetiştirme alanlarının özelliklerine uyum sağlamıştır. Birim alandaki ağaç sayısı 160 ağaç/ha daha az, 50 yıl ve üzerindeki yaşlı ağaçların yer aldığı geleneksel sistemde, genellikle düşük tarımsal girdilerin kullanılmakta (toprak işleme, gübre, pestisit) ve hasat elle yapılmaktadır. Düz veya orta-dik arazilerde kuru tarım koşullarında veya damla sulamanın kullanıldığı durumlarda ürün verimi 1.5-3 ton/ha arasında değişebilmektedir. Dünyada zeytin alanlarının büyük bir kısmını kapsayan Akdeniz havzası ülkelerinde geleneksel zeytin işletmelerinin yaklaşık %88'i 5-hektardan küçük ve bunların da üçte ikisinden fazlası 2-hektardan küçük olup, bulundukları tarım arazilerinin %88'inden fazlası engebeli dağlık alanlardan oluşmaktadır (Bernardi ve ark., 2021). Ancak, 1970'li yıllarından sonra mekanik hasat ve sulama gibi yeni tekniklerin yaygınlaşmasıyla geleneksel bahçelerin geliştirilmesi ve yeni yapılan tesisler ile birim hektardaki ağaç sayısı 200-450 arasında değişen sayılara ulaşmış ve bu da verimlilikte önemli bir artış sağlamıştır. Kuru tarım koşullarına (500 mm) uyum sağlayan bu sistemlerde verim 6-7 ton/ha iken, damla sulama koşullarında ise 10-12 ton/ha kadar çıkabilmektedir. Hasat işlemi küçük bahçelerde (50 hektardan az) yoğunlukla dal sarsıcılar ve büyük bahçelerde ise (50 hektardan fazla) ise gövde sarsıcılar veya yan-yan dizili sarsıcılarla donatılmış makineler kullanılmaktadır. Son yıllarda geleneksel sistemlerde hasadın makina ile yapılması ekonomik getiriye artırmayla üreticilerin bu yöndeki tercihlerini de artırmıştır. Birim hektardaki ağaç sayısı 450-800 adet arasında olan yüksek yoğunluklu sık dikim üretim sistemlerinde ise hasat işlemi yan-yan dizili sarsıcıların olduğu veya büyük sıra üzeri hasat makinelerinin kullanıldığı uygulamalar ile gerçekleştirilmektedir (Ferguson ve ark., 2010). 1990'lı yıllarında ise birim hektar alandaki ağaç sayısı daha da artmış 350-700 ağaç varlığına sahip yüksek yoğunluklu bahçeler, 1200-2500 ağaç varlığı ile süper yüksek yoğunluklu bahçelere dönüştürülmüştür (Fernández-Escobar ve ark., 2013). Genellikle sulama, gübreleme ve bitki koruma gibi kültürel uygulamaların mutlaka yapıldığı bu tip bahçelerde, hasat

ve budama mekanik uygulamalar ile yapılarak birim alandaki verimlilik ve ekonomiklik artmıştır. Birim hektar alandaki ortalama ağaç sayısı 1300 olan süper yüksek yoğunluklu sık dikim sistemlerinde ise (Lo Bianco ve ark., 2021) hasat işlemi, kendinden tahrikli veya traktörle hareket ettirilen hasat makinalarıyla yapılarak insan gücü ve hasat maliyeti azaltılmıştır. Hasat işlemine benzer şekilde budamanın da makina ile yapılmasıyla girdi maliyetini azaltmıştır (Tous ve ark., 2010). Bunun yansısı bu sistemde daha kolay hastalık ve zararlı kontrolü, sulama ve gübreleme işlemlerinin daha etkin yapılmasını sağlamıştır. Bu tür üretim sistemleri ülkemizde henüz çok yeni iken, diğer Akdeniz bölgesi ülkeleri olan İtalya ve Portekiz’de daha yaygındır (Duarte ve ark., 2008; Lo Bianco ve ark., 2021). Yaygınlığa rağmen dik eğimli alanlar ve su kısıtlılığı en çok sistemin yaygınlaşmasını sınırlandıran çevresel koşullar olmuştur. Ancak ülkemizde bodur zeytin ağacı olarak bilinen ve İspanya orjinli ‘Arbequina’ çeşit makinalı hasada uygun özelliklere sahiptir. Erken meyve veren, yüksek ve sürekli verimlilik sağlayan ve orta-düşük vejetatif özelliğine sahip bu çeşit, ağaç mesafesi sık olup (4×1.5 m) ve birim hektardaki ortalama ağaç sayısı 1666 kadar çıkabilmektedir. Benzer özelliklere sahip İtalya asıllı olan ‘Arbosana’ çeşidinde bu dikim sisteminde yetiştirilen ve makinalı hasada uygun olup, genellikle sıralar arasında yeşil bitki örtüsü yapılarak ağaç taç altı bölgeleri ise herbisitlerle kontrolü yapılmaktadır.

Ülkemizde zeytin üretimin sadece %8’i sulanabilir alanda iken, geri kalan %92’lik oran küresel iklim değişikliğinden ve su stresinden kolay etkilenebilecek sulama imkânından yoksun kurak ve yarı kurak, toprak derinliği az, su tutma kapasitesi düşük, eğimli veya zorlu arazi koşullarında yetişmektedir (Ozturk ve ark., 2021). Diğer Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de zeytin yetiştiriciliği genellikle eğimli veya çok zorlu arazilerde yapılması, küresel ısınmanın gelecekteki senaryolarına göre yüksek sıcaklıklardan ve su eksikliğinden etkilenmiş olacaktır (Kaniewski ve ark., 2023). Dolayısıyla tarımsal alanların daralması üzerine etkisi olacak iklim değişimi ve yarattığı küresel ısınmanın zeytin üreten ülkelerin ekonomileri üzerinde de önemli olumsuz etkileri olacaktır. Ülkemizde coğrafi bölgeler göre farklı yükseklikteki arazilerde yetiştirme alanına sahip olan zeytin, Ege’de çoğunlukla 600 m’de yapılırken, Akdeniz’de 800 m ve Marmara’da 450 m’de yetişmektedir (Efe ve ark., 2013). Bazen delice veya yabani zeytinlerin

aşılmasıyla yapılan kültürel uygulamalar ile üretim alanları bu sınır değerlerin üzerine çıkarak ekolojik optimum sınırdan uzaklaşmaktadır. Genelde delice ve yabani zeytinlerin yükselti olarak daha yükseklerde bulunması ve aşılama sonrası zeytin yetiştirmenin en üst sınırını oluşturmaktadır. Ülkemizde bu şekilde aşılama ile kültüre alınmış olan zeytin alanlarının normal zeytin kuşağının üst sınırından 210 m'den daha yüksek ve ürün verimi ise daha düşük olup, örneğin 180 m yükseltide ağaç başına meyve verimi 19.4 kg iken, 500 m'de 9.1 kg'a düşmektedir (Efe ve ark., 2013). Dolayısıyla Akdeniz havzasında yer alan ülkemizde, uygun yükseltilerde yetiştiriciliği yaklaşık 913 bin hektar alanda 3750 bin ton üretim (Tablo 1) ve 172 milyon zeytin ağacı ile tarım, sanayi ve ticaret sektörüne önemli bir katkı sağlamaktadır (TÜİK, 2023). Üretiminin yaklaşık %74'ü yağlık, %26'sı sofralık olduğu ülkemizde, üretim miktarı sırasıyla Aydın (%17.8), Manisa (%12.0), Muğla (%11.4), İzmir (%11.2), Balıkesir (%9.6), Çanakkale (%3,8), Hatay (%6.2), Bursa (%5.1), Gaziantep (%5.0) ve Mersin'de (%4.6) yer almaktadır (Tuğaç ve Sefer, 2021). Bu illere ilaveten ülke genelinde 41 ilde ve 270 ilçede zeytin yetiştirilmektedir. Çanakkale ili ülkenin zeytin üretim alanının yaklaşık %4'üne sahip (Tablo 1) ve ilin toplam tarım alanlarının %9'unda tarımı yapılmaktadır. Geyikli beldesi ilin zeytin işleme tesislerinin çoğuna ev sahipliği yaparak, zeytin yetiştiriciliği için önemli bir role sahiptir. Diğer yandan beldedeki tarımsal ekonominin %80'i zeytin üretiminden sağlanmakta ve bu da il içindeki konumuna ayrı bir önem kazandırmaktadır. Burada başlıca zeytin çeşitleri arasında 'Ayvalık', 'Gemlik', 'Domat', 'Arbequina', bulunmaktadır. Çanakkale Tarım ve Orman Müdürlüğüne göre bu belde de yaklaşık 22 bin kişi geçimini zeytin tarımından sağladığı bildirilmektedir.

Tablo 1: Zeytin üretim alanı ve miktarı

Yıl	Türkiye Alan (1000 x da)	Üretim (1000 x ton)	Çanakkale Alan (1000 x da)	Üretim (1000 x ton)
2015	8370	1700	322	87
2020	8870	1317	327	154
2024	9130	3750	330	174

Ülkemizde zeytin üretimi genellikle sıra aralıkları geniş geleneksel zeytin sistemleriyle yapılmaktadır. Sulama özelliği olmayan bahçelerde sıra

aralığı 10-12 m iken, yarı kurak alanlarda sıra aralığı daha da geniş ve 24 m'ye kadar çıkabilmektedir. Günümüzde dünyada olduğu gibi mevcut geleneksel zeytin bahçeleri birim alandaki ağaç sayısı artırılarak daha yoğun hale getirilmiştir (Camposeo ve ark., 2022). Dolayısıyla son 20 yılda ülkemizde de geleneksel zeytin üretimi geliştirilmiş ve pek çok bölgede birim alandaki ağaç sayısı artacak şekilde yoğun, yüksek yoğunluklu ve süper yoğunluklu yeni teknolojilerin kullanım olanağı daha yüksek olan zeytin üretim sistemlerine dönüşümü sağlanmıştır. Zeytin bahçelerindeki bu gelişmeler yalnızca zeytinin yetiştirilmesi için gerekli koşulları karşılamak için değil, aynı zamanda işletmelerin iklim değişikliğinin getirdiği zorluklarla başa çıkmasına da yardımcı olacaktır. Son yıllarda birim alanda daha fazla ağacın varlığını sağlayan yüksek veya süper yoğunluklu sistemlerde zeytin hasadı elle veya alet-makinalarla yapılmaktadır. Ancak, elle hasatın yorucu ve yoğun işçi gücü gerektirmesi, zaman alıcı özelliği nedeniyle toplam maliyet içindeki payını %50-80 arasında yükseltmektedir (Messina ve ark., 2025). Buna karşın elle hasada göre teknolojisi oldukça yüksek birim maliyeti düşük olduğu gibi ürünün hasarını azaltan ve yağ kalitesini artıran ve farklı teknik özellik ve çalışma ilkesine sahip makinalarla hasat daha ekonomik ve sürdürülebilir hale gelmiştir (Khan ve ark., 2023; Massenti ve ark., 2024). Ancak, hasatın ve diğer kültürel işlemlerin mekanize edilme başarısı, ağaçlar arası sıra aralığı ve sıra üzeri ile arazi eğim durumuna bağlıdır. Ancak, geleneksel üretim sistemlerine göre kurulmuş ve eğimi %20'den fazla eski zeytin bahçelerinde paletli araçların kullanılamadığı özel ve erişim yollarının mümkün olmadığı durumlarda mekanizasyon zorlaştırmaktadır. Bu özelliğe sahip alanlarda her türlü işlemin yürütülmesi zaman almakta ve hasat kapasitesi azalmaktadır (Messina ve ark., 2025). Diğer yandan, yaz kuraklığı riskinin varlığı ve yarattığı su stresi, ülkemizin de yer aldığı Akdeniz havzasındaki zeytin alanlarında ağaç sayısı düşük olan zeytinliklerin kurulmasına yol açmıştır (Fraga ve ark., 2021; Lo Bianco ve ark., 2021). Ancak eğimli olmayan arazilerde daha yüksek yoğunluklu ($300 \geq$ ağaç/ha) ve 5-7 m x 5-7 m (sıra arası x sıra üzeri) ağaç varlığı olan zeytinliklerde, mekanizasyonun uygulanabilirliği daha uygun ve özellikle hasat için gövde sarsıcıların kullanımını yaygınlaştırmıştır. Sıra arası 3.5-4.0 m ve üzeri 1.2-1.6 m arasında değişen çok yüksek yoğunluklu (1100-2500 ağaç/ha) süper yoğun üretim sistemlerinde ise özellikle uygun bazı çeşitlerin dikilmesiyle sıra-üzeri

hasat makinalarının iş başarısını artırmıştır (Marino ve ark., 2019; Sola-Guirado ve ark., 2019).

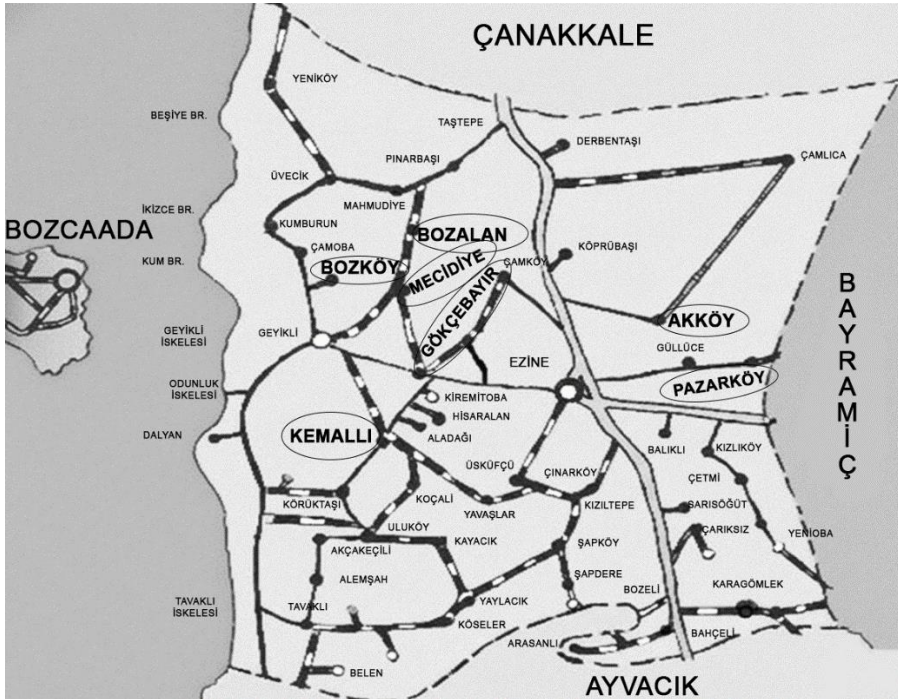
Zeytin üretiminde en yüksek girdi özelliğine sahip olan hasat işleminde mekanizasyon uygulamaları 1940-1960 yılları arasında gelişme göstermiş ve bu yıllarda çalışma süresini ve güvenlik riskleri üzerinde durulmuştur. Çalışma süresini ve güvenlik risklerini azaltmak için el aletlerinin, merdivenlerin ve sepetlerin yerini pnömatik yardımcı sistemli ve yaygılar kullanılmaya başlanmıştır (Ferguson ve ark., 2010). Bu durum, traktöre monteli gövde sarsıcıların geliştirilmesine yol açmıştır (Messina ve ark., 2025). Makinalar çalışma sırasında yüksek manevra yeteneği ve çeviklik sunarken, daha sonra hız ve hasat hassasiyeti gibi yenilikler konusunda iyileştirme yapılmıştır. Hasat sırasında özellikle ağaç hasarı en aza indirgenmiş ve daha etkili zeytin koparmak için uygun salınımlı hasat ekipmanları optimize edilmiştir (Bernardi ve ark., 2021). Diğer yandan gövde sarsıcı makinalı hasadın verimliliğini en çok etkileyen çevresel faktörler, yarı-sert dalların yapısı, titreşim kaynaklı kopmaya karşı direnci belirleyen meyve özellikleri, çeşit ve zeytin yetiştirme alanını belirleyen sıra arası ve üzeri, arazi eğim özellikleridir. Gövde sarsıcıların hasat veriminde, meyve sap uzunluğu, çiçek salkımı başına tek veya birden fazla meyvenin varlığı, dalların şekli ve esnekliği, ağacın dik veya sarkık yapısı, meyvenin eş zamanlı veya gecikmeli olgunlaşması gibi diğer özellikler önemli bir rol oynamaktadır (Messina ve ark., 2025). Ancak her ne kadar hasat makinaları bitkilerin özelliklerine uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış olsa da budama ile ağaç yapısı (Castillo-Ruiz ve ark., 2017) daha verimli bir hasat için hazırlanması gerekmektedir (Bernardi ve ark., 2021).

Çanakkale ili Ezine ilçesine bağlı Geyikli beldesinde, zeytin üretimi ve işlenmesi birçok kişiye doğrudan ve dolaylı faydalar sunmaktadır. Bu da zeytin yetiştiricilerinin gelirinin artmasına ve olumlu geçim kaynağının geliştirmesine önemli ölçüde katkıda sağlamaktadır. Bu çalışma, Geyikli beldesindeki başlıca zeytin üretimi yapan köylerdeki zeytin üretim işletmeleri ziyaret edilerek yürütülmüştür. İnceleme sırasında zeytin üretim işletmesinin yapısına ilişkin verileri toplamak için bir anket formu kullanılmıştır. İşletmelerin zeytin üretim sistemlerinin yapısı ve özellikle hasat mekanizasyonuna ilişkin mevcut durum tespiti yapılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMLANMASI VE VERİLERİN TOPLANMASI

2.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Meteorolojik Durumu

Çalışma, Çanakkale ili Ezine ilçesi-Geyikli beldesine bağlı köylerde yürütülmüştür (Şekil 1). İlçe toprakları, Kaz Dağı ve uzantılarının oluşturduğu engebeler ve düzlükler üzerinde yer alması nedeniyle orman ağaçlarının yanı sıra tarımsal üretim alanlarını da barındırmaktadır. İlçenin iç kesimleri, batı, kuzey-kuzey batı kesimlerinde daha çok maki görülmekle birlikte kızılçam, meşe, ardıç ve karayemiş ağaç çeşitleri yer almaktadır. Kuzey rüzgârlarına kapalı güney-güney batı sahil kesimlerinde ise çoğu kültüre alınmış zeytin ağaçları ile kaplıdır.



Şekil 1: Ezine ilçesine bağlı Geyikli beldesi ve çalışmanın yürütüldüğü köyler

Marmara ve Ege Bölgelerinin geçiş alanında yer alan Ezine ilçesi, iki bölgenin iklim özelliklerinin etkisi altındadır. Kısmen karasal iklimin hissedildiği ilçede yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlıdır. En soğuk

aylar ocak ve şubat (ortalaması -4-5 °C) iken, en sıcak aylar ise temmuz ve ağustos (ortalama 25-35 °C)'tür. Yıllık ortalama yağış miktarı 626 mm olan ilçede, en fazla yağış sonbaharda kasım, aralık ve ilkbaharda ise mart, nisan aylarında düşmektedir. Etrafı tepelerle çevrili olan ilçenin bağıl nem ortalaması yüksek ve deniz seviyesinden yüksekliği 50 m ve en yüksek alanı 100 m olan Çığır tepesidir. Kaz dağlarının kuzeyinden beslenen Menderes çayı, ilçenin tarımsal potansiyel bakımından yüksek özelliği olan Ezine ovasından geçerek Çanakkale boğazına dökülmektedir. Ayrıca, Menderesin kollarında biri olan Akçın çayının oluşturduğu tarımsal üretim bakımından verimli deltalar bu ilçede yer almaktadır. Dolayısıyla her iki kaynağının oluşturduğu ve sulama bakımından beslediği sulu tarım alanlarında daha çok tarla tarımı yapılırken, kuru tarım alanlarında ise çoğunlukla zeytinlikler yer almaktadır. Ezine ve Ayvacık ilçelerinin önemli tarım topraklarının yer aldığı yaklaşık 25 bin hektar alanda zeytin tarımı yapılmaktadır (İlgar, 2016). Genellikle geleneksel dikim özelliği ve ağaç yapısının yaygın olduğu zeytin üretim alanlarının büyük çoğunluğu Ezine ilçesine bağlı Geyikli beldesinde yer almaktadır. İlçe düzeyinde zeytin üretimi bakımından önde gelen alanların başında gelen Geyikli beldesinde, zeytin tarımı oldukça eskiye dayanmaktadır. Buradaki zeytinliklerin çoğunluğunu Ezine ve Ayvacık ilçelerinde yer alan zeytin üretim alanlarına benzer geleneksel bahçelerden oluşmaktadır. Geyikli beldesinde Gökçebayır, Bozalan, Bozköy, Kemallı, Tavaklı, Mecidiye, Çamoba, Kumburun, Mahmudiye gibi bazı köyler zeytinliklerin yoğun olduğu alanları temsil etmektedir (Şekil 1). Bu nedenle çalışma alanı olarak mekanizasyon uygulamalarının daha iyimser düzeyde uygulandığı Gökçebayır, Bozalan, Bozköy, Akköy, Mecidiye, Pazarköy ve Kemallı köylerindeki zeytin üretimi yapan işletmeler esas alınmıştır. Bozalan köyünün kuzeyinde ve köye yürüme mesafesinde çimento fabrikasının yer alması nedeniyle zeytin bahçelerinin yerini çimento üretim tesisleri yer almıştır (Şekil 1).

2.2. Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Çalışmanın yürütülmesi için Ezine İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sisteminden yararlanılmıştır. Söz konusu sisteme kayıtlı olan üreticiler arasında öncelikle zeytin tarımı ile uğraşanlar saptanmıştır. Daha sonra ilçe sınırları içinde yer alan ve zeytin tarımı bakımından potansiyeli yüksek olan Geyikli beldesindeki zeytin üretimi yapan köyler (Şekil 1) bazında

basit tesadüfî örnekleme yöntemi ile tarımsal işletme seçimi yapılmıştır (Çiçek ve Erkan, 1996). Anket uygulanacak işletmelerin seçiminde, aşağıda verilen basit tesadüfî örnekleme formülü kullanılmıştır.

$$n = \frac{S^2 t^2}{(N-1)td^2(S^2 t^2)} \quad (1)$$

n, örnek sayısını; S, popülasyonun varyansını; N, popülasyonu oluşturan işletme sayısını; t, standart normal dağılım değerini; d, popülasyona ait hata terimini ifade etmektedir. Örnek hacminin belirlenmesinde %5 hata ve %95 güven sınırları içinde çalışılmıştır. Seçim yapılırken, köylerin ova veya düz alandaki konumları, tarımsal üretim potansiyeli, zeytin tarımının durumu ve bahçelerin düz ve eğimli arazilerdeki varlığı, yağlık ve sofralık çeşit varlığı gibi parametreler dikkate alınmıştır. Kullanılan örnekleme yöntemi ile zeytin tarımı yapan 37-adet zeytin üretim işletmesi belirlenmiştir. Belirlenmiş olan işletmelere bizzat gidilerek ve çalışmaya ait veriler anket yolu ile toplanmıştır. İşletme sahipleriyle yüz-yüze görüşülmüş ve zeytin üretimine ait tüm gerekli bilgiler önceden hazırlanmış olan anket formuna kaydedilmiştir. Anket çalışmasına ek olarak gerekli olan ek veriler Tarım ve Orman Bakanlığının il ve ilçe teşkilatındaki kayıtlar, ilgili sulama birlikleri, kooperatifler, zeytinyağı işleme fabrikaları ve benzeri diğer organizasyonlardan sağlanmıştır. Üretici bilgileri doğrultusunda tamamlanmış anket formları daha sonra Excel 2016 ortamında oluşturulan şablonlara aktarılmış ve değerlendirmeler bire-bir soru bazında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bulgular bölümünde tartışılarak sunulmuştur. Anketin genel bilgiler bölümünde zeytin üreticilerinin demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri, bahçe tesis özellikleri, zeytin çeşidi, üretim amacı ve ürün verimine ilişkin diğer bilgiler yer almıştır (yayımlanmamış veri). Burada sadece hasat uygulamaları ve ürünün taşıma ve işleme sırasındaki ürün hasar ve kayıplarına ilişkin konulara yer verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Zeytin Hasat Mekanizasyonu

Zeytin üretiminde el ve makinalı hasat olmak üzere iki tip hasat yöntemi vardır. Makinalı hasatta çeşitli özellikteki alet ve makinalar kullanılırken, elle hasatta ise tarak ve sırık gibi basit el araçları kullanılarak hasat işlemi yapılmaktadır. Elle ile hasata göre makinalı hasat yöntemi, hasatın işlem

süresini kısaltmakta ve işçilik maliyetini azaltmaktadır. Alet-makina yatırımı gerektiren makinalı hasat yöntemi büyük işletmeler için daha ekonomik sonuç sunarak kısa zamanda daha çok ürün hasat etme olanağı sağlamaktadır (Ghonimy ve ark., 2021). Zeytin hasatında çalışan mekanik alet ve makinalar, sıyırma (tarama), çarpma ve sallama (titreştirme) esasına (Nasini ve Proietti (2014) göre çalışmaktadır. Bu alet-makinaların tarak geometrisi, aletlerin yapıldığı malzeme ve tarama şekli hasat işleminin başarısında önemli olabilmektedir. Diğer yandan hasat başarısını etkileyen diğer bir özellik ise kullanılan ekipmanların ergonomik özellikleridir. Ancak, ülkemizde de kullanımı yaygın olan ve titreşim esasına göre çalışan elde taşınan dal kancalı hasat makinasının operatörün uzun süre kullanım sonucu kol ve omuz bölgesinde önemli hasarlar bıraktığı bildirilmiştir (Catania ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda makinalı hasat, elle ile hasat yöntemine (sırıkla çarpma, el tarağı ile tarama, vb.) göre hasat uygulamalarında insanın rolünü gittikçe azaltmaktadır. Bu da hasat işlemi sırasında teknik olarak sıyırma etkisini azaltarak ağaca ve ürüne gelen zararı önlemekte ve yağ kalitesini korumaktadır. Ayrıca makinalı hasat, elle hasata göre iş verimliliğinin yükseltmesi ve birim üretim maliyetini azaltmasıyla hasat verimliliğini artırmaktadır (Ghonimy ve ark., 2025). Buna ilaveten elle hasata göre hasattaki kapasiteyi 6.7 kat artıran (Qabatty ve Alayunt, 2023) makinalı hasatın hasat etkinliğinin(%) ve iş başarısının(kg/h) yüksek olmasıdır. Ancak, kendinden tahrikli veya traktöre monteli gövde kelepçeli makinaların gövde kabuğunu kavlamasına rağmen (Messina ve ark., 2025), ağaç ve meyve zararının elle hasata göre daha düşük düzeyde kalması önemli bir avantaj olarak görülmektedir. Diğer taraftan makinalı zeytin hasatını etkileyen bazı faktörler işlemin başarısını etkilemede önemli olabilmektedir. Bunlar; bahçe tesisi özelliği, ağaç taç şekli, budama yöntemi, meyve düşürme kuvveti, meyve ağırlığı ve meyve düşürme kuvveti ile meyve ağırlığı arasındaki orandır (Almeida ve ark., 2015). Benzer şekilde Ferguson ve ark. (2010)'da titreşim yoluyla makinalı hasatı etkileyen diğer faktörlerin, frekans, eksantriklik, sallama yönü veya doğrultusu, meyve büyüklüğü veya hacmi (cm^3), meyve kopma kuvveti (N), meyve ağırlığı (g) ve kopma kuvvetinin meyve ağırlığına oranı (N/g) olduğu belirtmişlerdir. Mansour ve ark. (2018) ise elle hasata göre makinalı hasatın zeytin meyvelerini en optimum hasat döneminde toplaması yanında, hasat süresini, işçi sayısını,

meyve hasarını ve işçilerin çalışma riskini minimize ederek hasat verimliliğini %90'nın üzerine çıkardığı belirtilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü alan dahil olmak üzere zeytin tarımı, Çanakkale ilinin özellikle güney ve güney batı bölgelerinin karakteristik tarımsal üretim potansiyelleri arasında yer almaktadır. Zeytin tarımında önemli bir girdi payı oluşturan hasat işlemi son yıllarda geleneksel elle sırık ve tarak kullanımına ek olarak birtakım aletler ve makinalar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak anket yapılan işletmelerdeki zeytin ağaçlarının yaklaşık %95'nin 10 yaş ve üzerinde olması (yayımlanmamış veri) ve bunların eskiden tesis edilen ve miras yolu ile geçişi olan büyük taç özelliğindeki ağaçlardan (%78.38) (Tablo 2) oluşması, makinalı hasatta olan uygunluğunun düşük olduğu görülmüştür. Bu kapsamda üreticiye yöneltilen soruya karşın her ne kadar üreticiler makinalı hasatta uygun olduğunu söyleseler de büyük taç yapının makinanın çalışma performansını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Son yıllarda tesis edilen bahçelerde Arbequina gibi bodur ve küçük taç yapılı özelliğine sahip ağaçların tercih edilmesinin en önemli sebebi elle veya alet-makina ile yapılan budama ve hasat işlemlerinin daha kolay şekilde yapılması olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Ayrıca daha dar sıra aralığına ve küçük taç yapısına sahip olan Gemlik çeşidi, çalışma alanı zeytin bahçelerinde son yıllarda tesisi yapılan ve mekanizasyona uygunluğu bakımından Ayvalık çeşidine göre daha uygun olmasından ileri geldiği ifade edilmiştir. Son yıllarda Gemlik çeşidinin yetiştirilmesine büyük teşvikler verilmesi ve bu teşvikler kapsamında daha yüksek ödemeler yapıldığı tespit edilmiş ve bu da bu çeşidin doğal alanları dışında yetiştirilmesine yol açmıştır (Efe ve ark., 2013; Ozturk ve ark., 2021).

Tablo 2: Zeytin üretim işletimlerinde yetiştirilen zeytin çeşitlerinin dikim aralığı ve makinalı hasada uygunluğu

Çeşit	Taç özellliği	Dikim aralığı (m)	Ağaç sayısı (ağaç/ha)	(adet)	İşletme sayısı (%)	(adet)	(%)
Ayvalık (Edremit)	Büyük	6x8	208	6	16.22	29	78.38
		6-7x7-8	179-238	23	62.16		
		4x6-5x5	333-500	4	10.81	8	
Gemlik	Küçük	5x5	400	3	8.11		21.62
		4x2	1250	1	2.70		
Toplam	-	-	-	37	100.00	37	100.00

Diğer yandan Tablo 2’de yer alan büyük taç özelliğindeki çeşit oranının yüksek olması (%78.38), özellikle bunların miras yolu ile nesillere geçişleri olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca işletmelerdeki zeytin ağaçlarının yaşlarına bakılmaksızın yağlık ve sofralık çeşitlerin her ikisinde de fide dikimi yapıldığı gibi pek çoğu delice üzerine aşılama yolu ile kültüre alındığı saptanmıştır (Tablo 3). Çalışmanın yapıldığı alanda zeytin ağaçlarının yaşlı ve ortalama 100 yıllık ağaçlardan oluştuğu saptanmıştır (yayımlanmamış veri). Üreticiler miras yoluyla kendilerine kalan ağaçların çoğunlukla delice aşılı olduğunu, kendi tesis ettikleri ağaçların ise dikme olduğunu belirtmişlerdir. Miras yoluyla aktarımı olan yaşlı ağaçların %67.57’sinin delice aşılı, sonradan tesis edilen bahçelerdeki ağaçların ise %27.03’ünün dikme, %5.41’inin ise aşılı olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Diğer yandan Tarım ve Orman il müdürlüğü verilerine göre ildeki zeytin ağaçlarının %67’sinin delicelerin aşılınması ve %33’ünün ise kültüre alınmış çeşitlerin dikilmesi şeklinde olduğu açıklanmıştır. İncelenen işletmelerin %83.78’inde bölgenin baskın Ayvalık (yağlık) çeşidi yetiştirildiği ve geriye kalan %16.22’sinde ise hem sofralık hem de yağlık çeşit üretimi yapıldığı belirlenmiştir (Tablo 3). Ülke genelinde olduğu gibi Çanakkale ve çalışma alanında ekonomik anlamda sofralık zeytin üretiminin payı toplam üretim içerisinde düşük olup, sofralık zeytin çeşidinin yetiştirmiş olduğu coğrafi koşulları (ortalama sıcaklık-17 °C, toprak özellikleri) ile ilgili olduğu belirtilmiştir (Efe ve ark., 2013). Bu da Çanakkale il genelinde coğrafi olarak kuzeye doğru ilerledikçe özellikle sofralık zeytinlerin önemini artırırken, yağlık çeşitlerin üretimini azalmaktadır (İlgar, 2016). Çanakkale ili Ezine bölgesinin coğrafi konumuna ve iklim özelliklerine bakıldığında, özellikle Ayvalık yağlık çeşidinin toprak ve iklim koşullarına daha uygun olduğu ve bu çeşidin önemini artırmıştır. Buna karşın, sofralık çeşit üretiminin daha az olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Diğer taraftan mevcut zeytinliklerde ağaç sıra aralığının değişken olduğu ve ağaç taç yapısı büyük olan Ayvalık çeşidinin ve Gemlik çeşidine göre daha yaşlı ağaç varlığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan daha genç ve sofralık Gemlik çeşidinde ise sıra arası ve üzeri daha dar olduğu görülmüştür (Tablo 3). Dolayısıyla geniş sıra arası ve sıra üzeri birim hektardaki ağaç sayısı daha düşük ve 179-208 adet arasında iken, dar sıra arası ve üzerine sahip olanda ise 400-1250 adet arasında değişmiştir. Farklı çeşit özelliğine sahip bir başka çalışmada ise geleneksel ve organik zeytin üreticilerinin yarıdan fazlasının bahçelerinde hektar başına ortalama 300 ağaç

olduğu (sıra arası 5-7 m x 6-8 m) ve bu bahçelerde yarı-mekanize ve konvansiyonel uygulamaların yapıldığı geleneksel sistemler olarak anıldığı ve diğer kalan düşük bir oranda ise hektarda 300 ağaçtan daha fazla ağacın bulunduğu yoğun sistemler ifade edilmiştir (Morais, 2024).

Tablo 3: Zeytin ağaç özellikleri ve üretim amacına göre işletmelerdeki durumu

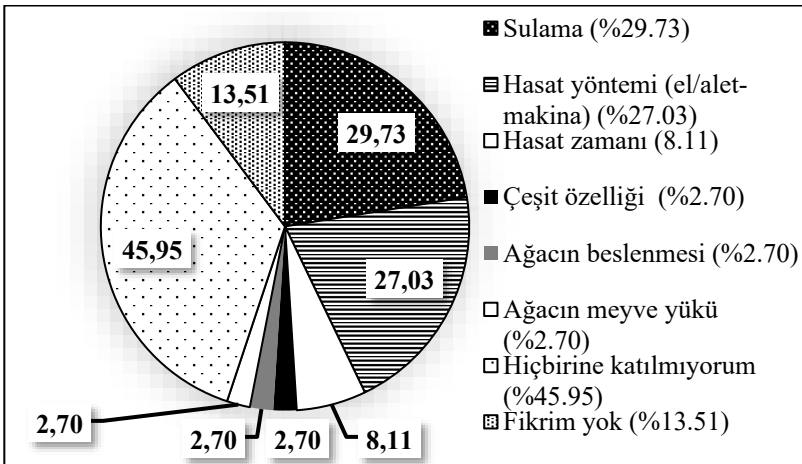
Özellik	İşletme sayısı		Özellik	İşletme sayısı	
	(adet)	(%)		(adet)	(%)
Dikme	10	27.03	Yağlık	31	83.78
Aşılı	2	5.41	Yağlık, Sofralık	6	16.22
Delice aşılı, Dikme	25	67.57			
Toplam	37	100.00		37	100.00

Tablo 2’de sunulmuş ağaç sıra arası esas alındığında, zeytin bahçelerinde yer alan ağaçlardaki ürünün var ve yok yıllarına ait verimleri Tablo 4’te verilmiştir. Asıl ürünün alındığı var yılında ağaç başına olan ürün verimi işletmelere göre 10-160 kg arasında değiştiği ve işletmelerin büyük çoğunluğunun ağaç başına ürün veriminin 30-55 kg arasında (%51.35) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Ürünün yok yılında ise ağaç başına en düşük ürün verimi 5 kg iken, en yüksek 20 kg olup, işletmelerin %75.68’inde ise veriminin ortalama 10 kg olduğu saptanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4: Zeytinin var-yok yılına göre ağaç başına zeytin ürün verimi

Var-yılı				Yok-yılı		
(kg/ağaç)	İşletme sayısı	(%)	(kg/ağaç)	İşletme sayısı	(%)	(kg/ağaç)
	(adet)			(adet)		
10-15	1	2.70	0-5	2	5.41	
20-25	2	5.41	5-15	28	75.68	
25-30	1	2.70	15-20	7	18.92	
30-35	7	18.92	20-25	-	-	
35-40	4	10.81	25-30	-	-	
40-45	2	5.41	30-35	-	-	
45-50	2	5.41	35-40			
50-55	4	10.81	40-45			
56-80	2	5.41	45-50			
81-90	1	2.70	Toplam	37	100.00	
91-100	7	18.92				
101-130	1	2.70				
131-150	2	5.41				
151-160	1	2.70				
Toplam	37	100.00				

Zeytin üretiminde hasat işlemi, özellikle hektardaki ortalama ağaç sayısı 120 adetten daha az olan geleneksel üretim sistemlerinde fazla zaman ve işgücü gerektirmesi bakımından toplam girdi maliyeti içindeki payı (%30-60) yüksek olmaktadır (Ferguson ve ark., 2010; Ghonimy ve ark., 2025). Hasat işlemi elle yapıldığında girdi maliyeti veya enerji girdisi zeytin ürün verimlerinin var ve yok yılına göre farklılık göstermektedir. Var yılında özellikle el ve el aletlerinin kullanıldığı zeytin hasadındaki enerji girdisi zeytin üretimindeki toplam enerji girdisi içindeki payı %80'nin üzerine çıkmaktadır (Ozpınar, 2025). Ancak zeytinde ürünün var ve yok yılını etkileyen koşullar incelendiğinde, üreticilerin %13.51'inin konu hakkında fikri olmadığını bildirirken, diğerlerinin ise farklı nedenlerden ileri geldiğini bildirmişlerdir (Şekil 2). Anketin yürütüldüğü zeytin bahçeleri genel olarak her ne kadar düz arazi koşullarında bulunmasına rağmen, su tutma özelliği düşük topraklarda yer alması ve yeterli sulama olanaklarının bulunmaması zeytin ağacındaki yeni sürgün oluşturma, çiçeklenme ve meyve tutma oranının etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla ürünün yok yılında en etkili faktörün sulama diyen üretici oranı %29.73 ve en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 2). Bunu %27.03 ile hasat yönteminin ve %8.11 ile hasat zamanı diyen üreticiler izlemiştir. Ayrıca çeşit özelliği, ağacın beslenmesi, ağacın meyve yükü veya verimi diyen üretici oranı eşit düzeyde ve her biri %2.70 olarak saptanmıştır. Şekil 2'de görülen faktörlerin hiçbirinin ürünün var/yok yılı üzerinde etkisi olmadığını bildiren üretici oranı oldukça yüksek olup ve %45.95 olarak tespit edilmiştir.

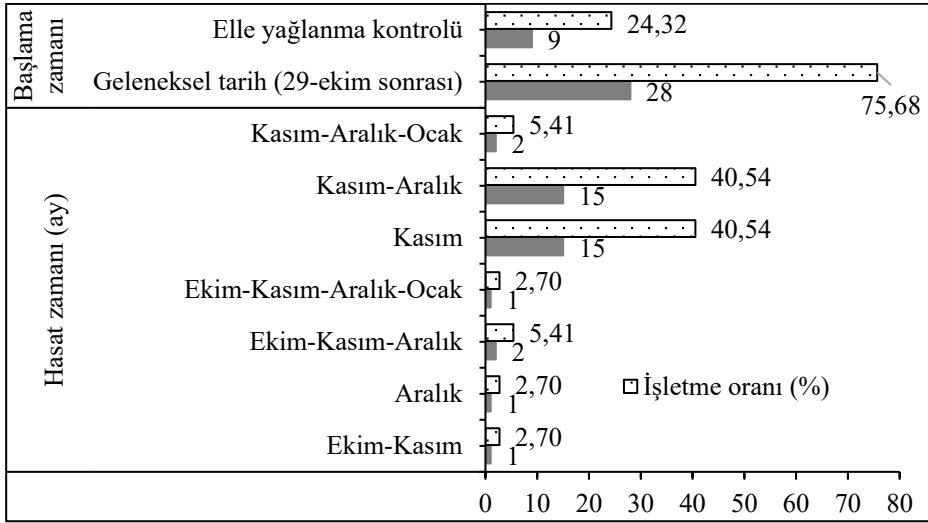


Şekil 2: Ürünün var/yok yılını etkileyen faktörler ve işletmeler göre dağılımı

3.1. Hasat Zamanı

Hasat zamanının belirlenmesi, hasat edilen ürünün kalitesi üzerine etkili olduğu gibi el veya makinalı hasatın başarısı bakımında da önem taşımaktadır. Bu amaçla zeytinin sofralık ve yağlık olma durumuna göre meyve iriliği ve ağırlığı, nem içeriği, et/çekirdek oranı, meyve kopma kuvveti gibi kalite faktörlerin dikkate alındığında Ege bölgesinde Domat sofralık çeşidin ilk hasat döneminin ekim ayı olduğu belirlenmiştir (Qabatty ve Alayunt, 2023). Ülkemizde bölge ve küçük ölçekli alanlara göre değişim gösteren hasat zamanı, ekim ayında başlamak üzere aralık veya ocak ayı sonuna kadar devam etmektedir. Çalışmanın devam ettiği işletmelerin zeytin bahçelerinde hasat işlemi, ekim ayından başlayıp ocak ayının sonuna kadar devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 3). Yeşil sofralık olarak zeytin çeşitleri daha erken ve genellikle ekim ayında hasat edilirken, yağlık çeşitler ise yeşil zeytinlerin siyah renge döndüğü kasım veya aralık aylarında hasat edildiği belirlenmiştir. Hasat işleminin en çok yapıldığı zaman %40.54 ile kasım ayı veya kasım-aralık arası iki aylık dönemi kapsadığı belirlenmiştir (Şekil 3). Hasat zamanının ekimden başlayıp ocak ayı sonuna kadar devam ettiren üreticilerin oranı ise oldukça az %2.70 olup, genel olarak büyük parsel özelliğindeki zeytinlikleri veya fazla zeytin alanına sahip işletmeleri temsil ettiği görülmüştür. Diğer yandan Geyikli beldesi mevkiinde zeytin hasat zamanının belirlemede geleneksel olarak 29-ekim tarihinin başlangıcı olduğunu ve ilk dönem hasat işleminin bu zamandan itibaren yapıldığı ve yağ fabrikalarının bu tarihte ürün işlemeye başladığı ifade edilmiştir. Üreticilerin %75.68'i hasat zamanına geleneksel her yıl 29-ekimden hemen sonra ve %24.32'si ise elle yağlanma kontrolü sonucunda hasat zamanına karar verdikleri saptanmıştır (Şekil 3). Üreticilerin %94.59'u genel olarak zeytin siyah renkte iken ve geri kalan kısmın ise büyüklerinden edindikleri tecrübe ile rengi siyaha dönerken ve pembe halde iken yaptıklarını ifade etmişlerdir (Şekil 3). Geyikli merkez ve çevre köylerinde en çok yetiştirilen Ayvalık yağlık çeşidin (Tablo 3) ilk hasat dönemi ekim ayı olup, bu dönemde elde edilen yağ oranının düşük, ancak kalitesinin yüksek olduğu belirtilmiştir. İkinci hasat dönemi kasım ayında ise yağ miktarı ilk döneme göre daha yüksek, ancak zeytinin kendine özgü zararlıları ve benzeri etmenler sonucunda kalitesi kısmen azaldığı dönem olduğu görülmüştür (yayımlanmamış veri). Üreticiler ikinci dönemden sonra son hasat dönemi olan

aralık ayında ise düzensiz yağışların varlığı, yağ miktarının ve antioksidan maddelerin miktarının daha çok azalmasına neden olmasından dolayı ideal hasat zamanı kasım ayı olduğu ifade edilmiştir (Şekil 3). Diğer taraftan hangi olgunlukta hasat işlemi yapıldığı sorulduğunda ise üreticilerin hemen hepsi renk siyah olduğunda cevabını vermiştir. Bir başka çalışmada ise zeytin meyvelerinin optimum hasat zamanının, meyve toplama verimliliğinin %90 ve üzerinde olduğu, hasat süresinin ve işçi sayısının düşük, daha az meyve hasarı ve toplama sırasında işçi risklerinin en az olduğu dönem olarak bildirilmiştir (Mansour ve ark., 2018). Bilindiği üzere hasat zamanı ürün kalitesi üzerine etkisi olup, özellikle ortalama meyve kalite indeksi değerlerinin ekim ayı hasat zamanına göre kasım ayı hasat zamanında azaldığı ve hasat işlemi geciktikçe ağaç ve meyvede zarar oranı arttığı bildirilmektedir (Qabatty ve Alayunt, 2023).



Şekil 3: Meyve hasat zamanının (ay) zeytin üretim işletmelerine göre değişimi

3.3. Hasat Yöntemi

Tüm zeytin yetiştiren ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de zeytin üretiminde zeytin hasadı, zeytin yetiştiriciliğinin tüm kültürel işlemleri arasında fazla işgücü ve zaman gerektirmesi bakımından önemli olmaktadır. Ancak sırık kullanarak yapılan elle hasatta, yoğun emek ve zaman alıcı (Ghonimy ve ark., 2021) olması nedeniyle 15 kg/h iş başarısıyla toplam zeytin üretim maliyetinin yaklaşık %30-60’ını oluşturmaktadır (Ferguson ve ark., 2010; Ghonimy ve ark., 2021). Elle hasatta yoğun işgücü kullanımı, hasadın kış aylarına kadar

devam etmesiyle hasat işlemini zorlaştırması, işçi bulma zorluğu, artan işçi ücretleri, iş başarısının düşük olması zeytin yetiştiriciliğindeki en zorlu işlemlerden biri olarak görülmektedir. Bu nedenle elle hasattın fazla zaman gerektirmesi ve yüksek maliyet nedeniyle makinalı hasattın gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Makina kullanımı iş gücü gereksinimini azaltarak iş verimliliğini artırmakta, zeytinlerin üretim maliyetini düşürmekte, hasat süresini kısaltılmakta ve zeytinlerin optimum zamanda toplanmasını sağlayarak üreticilerinin küresel pazardaki rekabet gücünü artırmaktadır (Amirante ve ark., 2012; Tombesi, 2013). Örneğin, elde taşınan titreşimli makinaların kullanılması, elle hasatta kıyasla iş verimliliğinin iki katına çıkardığı ve eğimli veya teras özelliğindeki araziler ile daha küçük işletmeler için en uygun yöntem olduğu belirtilmektedir (Khan ve ark., 2023). Mansour ve ark. (2018) ise elde taşınır ve hasat verimliliği 70 kg/h olan dal sarsıcı zeytin hasat makinalarının kullanımının elle hasadına göre %37 oranında ve Sperandio ve ark. (2017) ise hektar başına %40-48 arasında maliyette tasarruf edildiği bildirilmiştir. Ayrıca gövde sarsıcı hasat makinaların ise hasat maliyetini elle hasatta göre birim alan başına %59-72 oranında düşürdüğü belirtilmiştir (Sperandio ve ark., 2017). Diğer taraftan hasat yöntemleri zeytin tarımının yapıldığı bölge halkının sosyo-ekonomik koşulları, arazi koşulları (eğimli, düz), çeşit özellikleri (sofralık, yağlık), dikim sıklığı (sık, seyrek), ağaç taç yapısı (uzunluğu, genişliği, yoğunluğu), budama gibi faktörlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Almeida ve ark. (2015) ise mekanik zeytin hasadına etkili faktörlerin ise bahçenin kültürel uygulamaları, ağaç taç şekli ve yoğunluğu, budama yöntemi, meyve kopma kuvveti, meyve ağırlığı, meyve ağırlığı ile kopma kuvveti arasındaki oran olduğu ifade edilmiştir. Buna ilaveten makinalı hasatta bahçe ve meyve özellikleri dışında; ağacı sallama yoluyla meyvelerin düşürme esasına göre çalışan elde taşınır hasat makinasının çalışma performansını etkileyen faktörler ise makinanın çalışma frenkansı, eksantrikliği, sallama yönü veya doğrultusu, meyve ve kopma kuvveti büyüklüğü, meyve ağırlığıdır (Ferguson ve ark., 2010). Diğer yandan her geçen gün gelişen mekanizasyon teknolojileri zeytin hasat işlemlerini de kolaylaştırmış ve en önemli girdi olan iş gücü sayısını azaltmıştır (Sannino ve ark., 2024). Bu araştırmacılar tarafından elektrikli çırpıcının iş sırasında ortalama 4 işçiye ve gövde sarsıcının ise 5-6 işçiye gerek duyduğu belirtilmiştir. Zeytin hasadında geleneksel yöntem olarak bilinen sırıkla ve elle toplama şeklinde yapılan hasat, çok yorucu, iş gücü

gereksinimi fazla, zaman alıcı, işçi ücretlerine bağlı olarak yüksek maliyetli bir uygulamadır. Özellikle zeytin ağacının dallarına sırik yani uzun sopalarla vurarak meyvelerin düşürülmesi sonucu yapılan hasat, çalışmanın yürütüldüğü alanda yıllar boyu uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde ağaca ve bir sonraki yıl ürün verecek sürgünlere zarar verilmekte, böylelikle zeytinin bir yıl ürün verirken takip eden yıl ürün vermemesine (periyodisite) neden olmaktadır. Sırıkla dallara çarpma işlemi aynı zamanda yaralanmalara ve bu yara alanlarında dal kanseri ve diğer virüs esaslı vertisiliyum solgunluğu gibi hastalıklara zemin oluşturmaktadır. Ghonimy ve ark. (2025) Sudi Arabistan'da Al-Jouf bölgesinin Al Bosita alanında (enlem: 29°49'08.2"N; boylam: 38°23'31.7"E; 4 m sıra arası x 1.5 sıra üzeri ile 1666 ağaç/ha) 10-yaşındaki Arbequina ve 8-yaşındaki Arbosana çeşitlerinin bulunduğu bahçelerde kendinden tahrikli sıraya hasat makinası ile (3 km/h çalışma hızı, 7.2 Hertz titreşim frekans) yaptıkları hasat işleminde ürün ve ağaca verilen zararın önemsiz ve iş başarısı ile enerji verimliliğinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan elle hasat işlemi uzun zaman alması, maliyetli olması, ürünün zamanında hasat edilmeme ve verim kayıplarına yol açmasına karşın, makinalı hasadın üretim maliyetlerini düşürmesi, zamanında hasat işleminin gerçekleşmesiyle ürün kayıplarını azalttığı gibi ve zeytinyağı kalitesini de artırmaktadır (Testa ve ark., 2014; Ghonimy ve ark., 2025). Geleneksel yöntemde sırik ve elle hasat işlemi için belirtilen bu durumlardan dolayı son yıllarda ülkemizde ağaç taç yapısı ve bodur olma özelliği dikkate alınarak yapılan yeni bahçe tesislerinde yerli ve ithal hasat makinası kullanımı artmıştır (Messina ve ark., 2025; Bernardi ve ark., 2021; Qabatty ve Alayunt, 2023). Sırıkla hasat yöntemine göre makinalı hasat ürün ve ağaçtaki (dal ve filiz kırılması, yaprak dökülmesi) zararı azaltarak takip eden yıllarda ürüne olumsuz şekilde yansımayı ve periyodisiteyi düşürmesi ile zeytin hasat üretimini arttırarak insan iş gücünü de azaltmaktadır (Qabatty ve Alayunt, 2023). Ancak mevcut çalışmamızda özellikle gövde sarsıcı makinaların ağaç gövdesi üzerindeki üst kabuğun soyulmasına neden olduğu da tespit edilmiştir. Messina ve ark. (2025) gövde sarsıcı makinalar, ağaç gövdesi sağlıklı olduğu ve düzenli kaldığı sürece 6-8 yaşındaki ağaçlarda kullanılmaya başlanır ve 60-70 yaşına kadar kullanılabileceği belirtmişlerdir. Araştırmacılar ağacın yaşı ilerledikçe gövde üzerindeki dış kabuğun yaşlanması sonucu kuruması ve çürümesi nedeniyle makinadan ağaç gövdesine iletilen titreşimlerin iletimin azaldığını ve

kabuk katmanında deformasyon oluştuğunu ve kavrama veya dayanak noktasında yeterli olmayan mekanik direnci oluştuğunu ifade etmişlerdir. Ancak, titreşim işleminin yanlış uygulanması (titreşim süresinin olması gerekenden daha fazla tutulması (10 saniye $\leq$), yanlış toplama, bağlantı malzemelerinin aşınması, gövdeye göre geniş başlıkların kullanılması) ve hasat için belli koşulların ortaya çıkması (ağacın çok aktif vejetatif dönemde olduğu erken hasatlar veya yağmurlu günlerden sonra yapılan hasatlar) ağaçlarda kabuk soyulma riskinin yüksek olmasına yol açabileceği belirtilmiştir (Messina ve ark., 2025). Ayrıca gövde sarsıcıların performansı, özellikle gövde kabuğunun soyulması, yanlış titreşim parametreleri [zeytin kabuğunun radyal (4-41 kg/cm) ve teğetsel (10-11 kg/cm) gerilmelere karşı direnci, zayıf ve kısmen cansızlaşmış dallardaki titreşimlere olan hassasiyeti, özellikle çıplak ağaç gövdesine sınır değerler üzerinde ve uzun süreli yüksek frekanslı (40 Hertz ve üzeri) titreşimlerden kaynaklanan yaprak dökülmesi] veya güvenlik endişeleri gibi sorunların önlenmesinde kullanıcının becerisine büyük ölçüde bağlıdır. Özellikle uzun süreli titreşimlerin (10 saniyeden fazla) ağaç üzerinde yaratacağı olumsuzlukları azaltmak için ağaç verimi ve meyve düşme daha da gerektiriyorsa, tek bir uzun titreşim yerine iki veya en fazla üç kısa titreşim uygulayarak meyve düşme yüzdesi artırılarak ve gövdeye gelebilecek zarar olasılığını azaltılmış olacaktır (Sola-Guirado ve ark., 2024). Diğer taraftan, halen geleneksel zeytin tarım sistemlerinin yaygın olması ve mekanize olmuş gövde sarsıcılar gibi (traktöre monte edilen veya kendinden tahrikli) hasat makinalarının daha performanslı çalışabilmesi için makinayı bitkiye uyumu değil, sık budama ve sürgün çıkarma işlemlerini destekleyecek şekilde budama yaparak yapısal olarak tasarlanmış modern meyve bahçeleri özelliklerine kavuşturularak ağaçların makinaya uyulması gerekmektedir. Özellikle büyük taç yapılı ve çok dallanmış gövdesi makina kelepçesini tutamayacak kadar kalın ve düzensiz olan en eski ağaçlarda, ancak bazı ana dallara kelepçe atarak hasat olanağı sağlanabilir (Messina ve ark., 2025). Ege bölgesinde yürütülen bir çalışmada ise farklı zeytin çeşitlerinde (Ayvalık-Edremit, Memecik, Gemlik) 4-farklı elektrik bataryalı çırpıcı tip zeytin hasat makinasının (3-yerli, 1-ithal) performansları karşılaştırılmıştır (Aygün ve ark., 2019). Çalışmada hasat edilen ürün içindeki atık materyal (dal, filiz, yaprak) oranının %7.00-10.71, ortalama iş başarısının 111.11-222.60 kg/h arasında değiştiği, ağaç yüksekliğine bağlı olarak hasat süresinin 0.04-0.45 h/ağaç ve hasat etkinliğinin %99 olduğu, yerli

ve ithal makinaların bu performans değerleri bakımından benzerlik gösterdiği ve tasarımlarında ülkesel koşulların da dikkate alınmasıyla performansları daha da iyileştirileceği bildirilmiştir (Aygün ve ark., 2019). Aynı araştırmacılar ağaç boyu arttıkça kullanıcının makina ile yüksek dallara ulaşımı zorlaştığından ortalama makinanın kapasitesinin düştüğü, ağaç çeşidine ve kullanıcı yeteneğine bağlı olarak saatlik iş başarısının değiştiği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada sofralık Domat zeytin çeşidinin makinalı hasadına temel teşkil edebilecek fiziko-mekanik özellikler belirlenmiş ve meyvenin farklı olgunlaşma dönemlerinde farklı hasat yöntemlerinin (elle, sırıkla, dal sarsıcıyla, mekanik tarakla ve elektrikli çırpıcı) meyve kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur (Qabatty ve Alayunt, 2023). Sırıkla ve elektrikli çırpıcı ile hasat sırasında meyve eti sertliğinin, meyve rengi açıklığının, parlaklık ve yeşil renginin azaldığı, ağaç ve meyve zararının arttığı, meyve kalitesinde değer kaybına yol açtığı belirtilmiştir. Elle, mekanik dal sarsıcı ve mekanik tarak ile hasat işleminde meyve eti sertliği korunurken, meyve renginin açıklığı, parlaklığı aynı kalmakta, ağaç ve meyve zararı düşük düzeyde olduğu açıklanmıştır. Araştırmacılar hasat sonrası ağaçta oluşan zarar düzeyinin ekim ve kasım olmak üzere iki hasat dönemi dikkate alındığında, en yüksek değer sırıkla hasat yönteminde (%3.46) tespit edildiği ve en düşük değer ise kancalı dal sarsıcıda (%1.15) elde edildiği bildirilmiştir. Ortalama ağaç zarar değeri erken hasat dönemi olan ekim ayında daha düşük (%1.58) iken, geç hasat dönemi kasım ayında arttığı (%1.79) belirtilmiştir. Glomniy ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, çoğunlukla küçük işletmelerde kullanılan elde taşınır çarpmalı çift-başlı zeytin hasat makinası, kancalı dal sarsıcı ve daha çok kopma dayanımı yüksek yeşil meyvelerin hasadında daha verimli çalışabilen taraklı-parmaklı pnömatik hasat makinası farklı hız ve devir seviyelerinde kullanılmış ve bu kapsamda makina iş verimliliği, hasat edilebilen ürün oranı veya ürünün ağaçtan düşme oranı, ürünlerdeki hasar oranı, spesifik enerji tüketimi, birim ürün miktarı başına hasat maliyeti gibi kriterleri incelemişlerdir. Araştırmacılar çarpmalı çift-başlı hasat makinasında 88.4 kg/ha ile en yüksek iş verimliliğini ve hasat edilebilen ürün oranı %98 tespit ettikleri, en yüksek ürün hasarın da (%6.6) bu makinada saptandığı belirtilmiştir. Kancalı dal sarsıcıda ise 55.6 kg/ha ile en düşük iş verimliliğini ve hasat edilebilen ürün oranı %62.4, en düşük ürün hasarı (%2.0) (ürün ile temas özelliği olmaması nedeniyle) tespit edildiği ifade edilmiştir. Taraklı-parmaklı pnömatik hasat makinasında ise aynı

performans değerlerinin çarpmalı çift-başlı ile taraklı-parmaklı pnömatik makinaları arasında kaldığı ve sırasıyla bu değerlerin 65.1 kg/h, %82.7, %4.5 olduğu açıklanmıştır. Aynı araştırmacılar en yüksek spesifik enerji tüketimini kancalı tip makinada elde edildiği ve diğer iki makinaya göre daha düşük makina iş verimliliğinden (55.6 kg/h) ileri geldiği bildirilmiş, bunu taraklı-parmaklı pnömatik ve çarpmalı çift-başlıklı makinanın izlediği ifade edilmiştir. Khan ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada en düşük-en yüksek iş verimliliği 900-1470 kg/h ile kendinden tahrikli gövde sarsıcıdan elde edildiği ve bunu 325-555 kg/h ile elde taşınır ve titreşimi dala veren motorlu-dal kancalı sarsıcı, 105-238 kg/h elde taşınır teleskopik saplı titreşimi ağaca (meyveye, yapraklara, ince dallara) ileten motor-parmaklı çırpıcıdan elde edildiği belirtilmiştir. Araştırmacılar bu makinaların ağaca verdiği en yüksek hasarın %3.68 ile taraklı-parmaklı pnömatikte, %3.4 ile kancalı dal sarsıcıda ve %2.56 ile gövde sarsıcıda elde edildiği ve yaprak döküm oranı ise sırasıyla %2.2, %6.9 ve %3.0 olduğu bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise makinalı zeytin hasadının girdi maliyetini azalttığı gibi yağın kalitesini de artırdığı da ifade edilmiştir (Tous ve ark., 2010). El-Iraqi ve ark. (2011) modifiye edilmiş elde taşınabilir zeytin hasat makinasının, elle hasat yöntemine göre işgücü verimliliğini yaklaşık 5-7 kat artırdığını, hasat için gereken işgücü gereksinimini yaklaşık %90-130 oranında azalttığını ve toplam hasat maliyetini %185-245 arasında değişen oranda azalttığı bildirilmiştir. Cicek ve ark. (2010) en yüksek iş kapasitesi dal kancalı makina ve el sırtığının birlikte kullanıldığı yöntemde (51.53 kg/h) saptandığı, bunu sırasıyla el sırtığı (31.43 kg/h), parmaklı tip makina ve el sırtığı (28.01 kg/h) birlikte kullanımı ve el tarağı (19.19 kg/h) izlediği belirtilmiştir. Araştırmacılar en yüksek zeytin verimi dal kancalı makina ve el sırtığının birlikte kullanıldığı yöntemde (22 kg/ağaç) iken, bunu parmaklı tip makina ve el sırtığının (14 kg/ağaç) birlikte kullanımı, ele sırtığı (14 kg/ağaç) ve el tarağı (20 kg/ağaç) izlediği ifade edilmiştir. Önceki çalışmalarda ve bizim yaptığımız çalışmada dahil olmak üzere makinalı hasat kapsamında ürünün ağaçtan düşürülmesi için en yaygın şekilde sarsıcı ve çırpıcı veya tarama esasına göre çalışan mekanizmalara sahip alet-makinaların kullanıldığı görülmüştür (Ghonimy ve ark., 2025). Özellikle son yıllarda makinalı zeytin hasadında benzin motorlu ve elde taşınır makinaların kullanımı giderek arttığı ve özellikle bunların arasında motor gücünün dönüş hareketini ileri-geri bir eksantrik kola ileterek çalışma prensibine sahip makinaların daha çok benimsendikleri

görülmüştür. Bu makinalar çalışma prensibinden dolayı sürgün uçlarına zarar vermeden çalışma özelliğine sahip olması ve periyodisiteyi azaltması bakımından tercih edilmektedir. Ayrıca bu tip makinaların işgücünden tasarruf sağlaması ve hasat süresini kısaltması bakımından küçük işletmelerde yatırım maliyetini arttıran bir unsur iken, büyük işletmelerde ise oldukça verimli bir yöntem olduğu bildirilmektedir. Çalışma kapsamında üreticilerin %54.05'i benzin-motorlu dal sarsıcı ve taraklı çırpıcı hasat makinasını bir arada kullandıkları görülmüştür (Tablo 5). Bunu %16.22 ile benzin-motorlu dal sarsıcı, taraklı çırpıcı, traktörden tahrikli gövde veya anadal sarsıcı makinalarının bir arada kullanan üreticiler izlemiştir. El sırtığı ile çırpma ve benzin-motorlu dal sarsıcı makinasını bir arada kullanan üretici oranı daha düşük ve %10.81 oranında kalmıştır. Diğer yandan her işletmede mutlak kullanılan hasat yöntemlerini tek başına incelendiğinde; en çok kullanılanı %86.49 ile benzin-motorlu dal sarsıcı olduğu ve bunu %21.62 ile kendinden tahrikli gövde veya anadal sarsıcı, %16.22 ile en eski ve geleneksel olan el sırtığı çırpma izlemiştir (Tablo 5). İncelenmiş zeytin işletmelerinde hasat işleminin genel olarak geleneksel yöntem olan el sırtığı kullanımı yerini daha çok alet-makinaların yoğunluklu kullanıldığı yöntemlere bıraktığı belirlenmiştir (Tablo 5). Ülkemiz genelinde zeytinliklerin %80'ini makinalı hasatla sınırlandıran eğimli arazilerde yer almasına karşın, çalışma kapsamındaki işletmelerin zeytinliklerin düz alanlarda bulunmasının daha çok alet-makina kullanarak hasadı gerçekleştirdikleri söylenebilir. Ancak çalışma alanı esas alındığında, işletmelerin %16.22'sinde halen elle hasatta sırık kullanmasına karşın (Tablo 5) yaklaşık 10 yıl önce aynı alanda bu yöntemin daha yaygın ve hatta hemen hemen tüm zeytin işletmelerinde kullanıldığı görülmektedir (Anonim, 2013). Alsanhani ve ark. (2025) ise zeytin işletmelerinin %84'ünde halen elle ile hasat yapılırken, %16'ında ise alet-makina kullanılarak yapıldığı bildirilmiştir. Son yıllarda zeytin hasat mekanizasyonunu içeren hasat makinası ve benzeri ekipmanların ilgili firmalar tarafından özellikle çalışmamızın devam ettiği alandaki üreticilere tanıtılması ve bu makinaları kullanan üreticilerin birbirinden etkilenmeleri sonucunda kullanımını daha da yaygınlaştığı söylenebilir. Diğer taraftan elle hasat işlemi sırasında sırık ile birlikte kullanılan el tarağının yaprakattan (%89.19) veya ana daldan itibaren (%6.81) tarama yapacak şekilde kullanıldığı saptanmıştır. Çalışmamızdaki işletmelerde elle veya elden taşınan sırık ve benzeri hasat yöntemlerinin kullanılırken,

Portekiz’de yapılan bir başka çalışmada ise bu yöntemlerin hiç kullanılmadığı ve daha çok elden taşınır ve enerjisi benzin veya elektrik olan makinaların kullanıldığı görülmüştür (Morais, 2024). Araştırmacı kuru ve sulu arazi koşullarında zeytin üretim durumuna bakılmaksızın, organik zeytinciliğin yaklaşık yarısı zeytin hasadı için gövde silkeleyici (%47.8), dal kancalı silkeleme ve teleskopik sap uzatmalı tarama özelliğine sahip silkeleyici (%30.4) ve bu her iki yöntemi bir arada kullanan üreticilerin ise %21.7 olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, aynı araştırmacı geleneksel zeytinliklere sahip üreticilerin yarıdan fazlası (%58.0) dal kancalı ve teleskopik sap uzatmalı tarama özelliğine sahip zeytin silkeleyici kullandıklarını, %8.0’i gövde silkeleyici ve geri kalan çiftçilerin ise her iki yöntemi bir arada kullandıkları ifade edilmiştir. Araştırmacı organik ve konvansiyonel üretimin her ikisine sahip çoğunlukta bir grubun zeytin üretim maliyetleri arasında en yüksek payın hasat (%39.0 organik, %42.0 konvansiyonel) ve bakım işlemlerine (%39 organik, %42 konvansiyonel) ait olduğu, daha küçük bir grup ise en yüksek payın sulama ve bakım işlemlerine (%17.0 organik, %8.0 konvansiyonel), taşıma ve ürün işlemeye (%4.0 organik, %8.0 konvansiyonel) ait olduğu belirtilmiştir.

Tablo 5: Hasat uygulama yöntemleri ve işletmelere göre kullanım durumu

Yöntem	İşletme sayısı (adet) (%)	
Her işletmede birden fazla hasat yöntemini bir arada uygulama		
Benzin-motorlu dal sarsıcı, taraklı çırpıcı	20	54.05
Benzin-motorlu dal sarsıcı, taraklı çırpıcı, kendinden tahrikli gövde/anadal sarsıcı	6	16.22
El sırtığı ile çırpma, benzin-motorlu dal sarsıcı	4	10.81
El sırtığı ile çırpma, benzin-motorlu dal sarsıcı, motorlu-taraklı çırpıcı	2	5.41
Benzin-motorlu dal sarsıcı	2	5.41
Motorlu-taraklı çırpıcı	1	2.70
Traktöre monteli gövde/anadal sarsıcı	2	5.41
Toplam	37	100.00
Her işletmede bir hasat yöntemini tek başına uygulama		

Benzin-motorlu dal sarsıcı	32	86.49
Kendinden tahrikli gövde/anadal sarsıcı	8	21.62
El sırtığı ile çırpma	6	16.22

Hasat işleminde çalışan kişilerin aile bireyleri ve ihtiyaç duyulduğunda aile dışından destek alarak yapıldığı tespit edilmiştir. Üreticilerin %91.89'u hasat işlemlerini ailesi ve aile dışından mevsimlik sağladıkları yardımcı işçilerle birlikte yaparken, %8.11 ise sadece aile bireyleri ile yaptıklarını ve tüccar ve benzeri uygulamalardan yararlanmadıklarını bildirmişlerdir. Diğer yandan özellikle ürünün var yılında ele ile hasat yönteminde zamanında işçi bulmama ve yüksek işgücü maliyeti nedeniyle ürünün hasat edilmediği ve ağaç üzerinde kaldığı belirtilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü alanda zeytinde yüksek oranda ürün bulunması ve işçi bulunmaması hasat süresini uzattığı gibi hasat edilemeyen ürün miktarını da artırdığı üreticiler tarafından ifade edilmiştir. Var yılında yaşanan bu sorunlara ek olarak düşük verim ve hasat süresinin uzaması ve elverişsiz toprak koşullarının oluşmasından dolayı zeytinin hasat edilmemesine ve terk edilmesine yol açma riski olduğu da belirtilmiştir. Bu ve benzeri sorunlar özellikle zeytin üretim potansiyeli yüksek olan ve benzer şekilde geleneksel bahçelerin yüksek oranda bulunduğu diğer Akdeniz ülkelerinde de yaşandığı bildirilmiştir (Duarte ve ark., 2008; Marino ve ark., 2019).

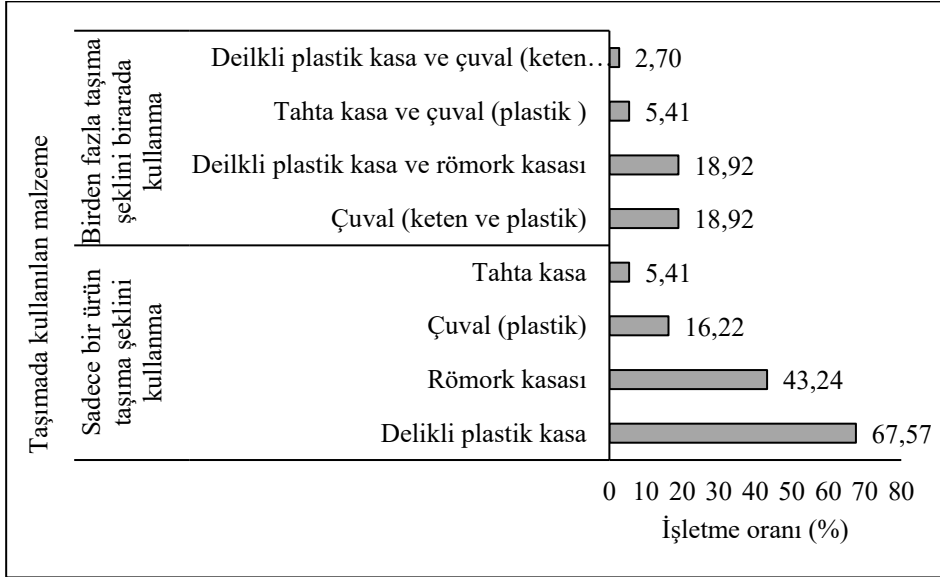
3.6. Hasat İşlemi ve Taşıma Sırasında Oluşan Ürün Ha-----sarı

Hasat öncesi işlemler kaliteli ürün eldesinde ne kadar etkili ise, hasat ve hasat sonrası uygulamalarda en az o kadar öneme sahip olmaktadır. Hasat işlemi sırasında ağaçtan zeytinin yere düşmesi durumunda meyvenin hasar gördüğü ve ayrıca yerden toplamak için ek bir zaman ve işgücü gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu önlemek için elle hasat işleminde delikli yaygı kullanılırken, gövde ve dal sarsıcı gibi makinalı hasatta ise ters şemsiye veya yarasa tipi meyve tutma platformları kullanılmaktadır. Ancak gövde sarsıcılarla hasat edilen ve yere düşen zeytinlerin, elle toplanan meyvelerden 12 kat daha fazla çürüklüğe sahip olduğunu ifade edilmektedir (Jiménez-Jiménez ve ark., 2013). Ağaçtan hasat edilen meyvelerin zeytinyağı fabrikasına taşınma sırasındaki taşınma şekli üründeki kayıpların önlenmesi ve zeytinyağındaki kalitenin korunması bakımından önemlidir. Üründeki kayıpların özellikle hasat

uygulamaları (örneğin elle ağaç üzerinde toplama, ağaç altına serili yaygı üzerine ürünü düşüren tarama esasına göre çalışan elde taşınır çırpıcı ve tarayıcı makina, sarsma etkisi yaratan teleskopik veya uzatmalı saplı makina, kendinden tahrikli gövde sarsıcı, ağaç sırasını içine alan sıra üzeri makina) ve sonrasında taşıma sırasındaki taşıma şeklinin önemli olduğu ve bu uygulamalarının bir standartı olmadığından ve bağlı olduğu zeytin yetiştirme sistemleri, çeşit, toprak, iklim, kültürel uygulamalar ve benzeri faktörlere bağlıdır (Somavat ve ark., 2015). Çalışmanın devam ettiği zeytin işletmelerinde geleneksel zeytin bahçelerinde hasat sonrası ürünü jüt malzeme yapımı keten veya plastik gübre çuvalar içinde yağ fabrikasına taşındığını, ancak son yıllarda bu uygulamanın yağın asitlik derecesini artırması nedeniyle delikli plastik kasalar tercih edildiği görülmüştür (Şekil 4). Dolayısıyla çalışma kapsamındaki üreticilerin %67.57'si ürünü delikli plastik kasa içinde taşıırken, %43.24'ü römork kasasında, %18.92'si çuval (keten, plastik), %18.92'si delikli plastik kasa ve römork kasası, %16.22'si çuval (keten, plastik), %5.41'i tahta kasa, %5.41'i tahta kasa ve plastik çuval, %2.70'i delikli plastik kasa ve çuval (keten, plastik) içinde taşıdıkları saptanmıştır (Şekil 4). Üreticiler farklı malzeme veya ekipmanlar kullanarak zeytini taşımanın yarattığı hasar, çürüme, fire kaybı ve yağ kalitesi konusunda bilgi sahibi oldukları, ancak çoğunlukla imkanları dahilinde taşıma işlemi yaptıkları saptanmıştır. Geleneksel yöntem olarak bilinen bahçeden zeytinyağı fabrikasına veya işleme noktasına plastik veya keten çuval içinde taşınması yerine delikli plastik kasaların kullanımı meyve kaybını azalttığı (Ferguson ark., 2010) ve bu da ürünün bozulmasına neden olan karbondioksit oluşumunu (Somavat ve ark., 2015) azalttığı kaydedilmiştir. Sumrah ve ark. (2023) Pakistan'da dört farklı zeytin hasat yönteminin kullanıldığı ve elde edilen ürünün yağ fabrikasına plastik çuval (geleneksel yöntem) ve delikli plastik kasa (geleneksel olmayan yöntem) içinde taşımanın üründe yarattığı hasar, çürüme ve yağ kalitesi üzerine olan etkisi ele alınmıştır. Sırıkla çırpma şeklindeki hasatın ardından plastik çuval ve delikli kasa içinde taşımanın üründe sırasıyla %15.87 ve %10.65 oranında hasar oluşturulduğu, elle hasatta ise daha düşük olup, %2.13 plastik çuval ve %1.14 delikli sepet olduğu ve özellikle sıırıkla hasat işlemi ve plastik çuvalda taşımanın meyvedeki hasarı artırdığı ifade edilmiştir. Benzer şekilde Khan ve ark. (2024) ahşap yapımı el tırmıkları, sıırık ve benzeri mekanik aletler kullanmanın (geleneksel yöntem) iş gücünü artırması ile birlikte ağaçta kalıcı

hasarı oluşturması gibi zorluklara yol açtığı bildirilmiştir. Sumrah ve ark. (2023) sırik ve elle hasat ve plastik çuvalda taşımının üründeki çürüme oranını sırasıyla %6.34 ve %1.18 oranında etkilediği ve delikli kasa içinde taşınmanın daha düşük olup, sırikla %4.8 ve elle %1.10 olduğu bildirilmiştir. Ayrıca titreşim etkisiyle ve tarama esasına göre çalışan hasat yöntemlerinin gerek ürüne hasar verme ve gerek ise çürüme oranı üzerine olan etkisinin sırik ve elle hasat yöntemlerinin yarattığı değerler arasında kaldığı ifade edilmiştir. Diğer yandan üründe en yüksek hasar, sırikla çarpma (%10.64) ve en düşük ise elle toplama (%1.14) hasat uygulamalarında iken, sırikla hasat ve plastik çuval ile taşımının üründe en yüksek (%6.34) ve elle hasat ve delikli kasa ile taşımının en düşük (%1.10) çürümeye sebep olduğu açıklanmıştır (Sumrah ve ark., 2023). Bu sonuçlar bizim çalışmamızla uyum içinde olduğu, sırikla çarpma ve plastik çuval malzeme içinde ürünün taşımının halen yüksek oranda hasar gördüğü ve ürüne vermiş olduğu hasar ve çürümenin önemini koruduğu görülmüştür. Şekil 4'de yer aldığı gibi çalışma kapsamındaki işletmelerin büyük bir kısmında zeytin hasadında halen sıklıkla çarpma şeklinde hasat edildiği, sırik ile ağaca çarpma sırasında üründe oluşturduğu hasar ile birlikte darbeler sonucunda bir sonraki yıl ürün oluşturacak taze filizlerin zarar gördüğü ve döküldüğü belirtilmiştir. Çarpma ve yere düşme sırasında zeytin taneleri hasar almakta ve bu da erken oksidasyona neden olmakta ve yağ kalitesini düşürmektedir (Somavat ve ark., 2015). Ayrıca üreticiler yaşlı ve büyük taç yapısına sahip ağaçlarda hasat sırasında ağacın her tarafına ulaşılmadığı veya göremediği için hasat edilmeyen ürünlerin kaldığı ve bu şekilde de yaklaşık en az %5 oranında ürün kayıplarının olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten üreticiler son yıllarda bodur tip ağaçlarla (örneğin, Arbequina) ve makinalı hasata yönelik tesis edilen zeytinliklerde bu kayıpların daha az olduğunu ve ayrıca bu kayıpları önleyecek ve teknolojik gelişmelerin gerekli olduğu ifade edilmiştir. Pakistan'da yapılan bir çalışmada mevcut geleneksel bahçelerde ürün kayıplarını azaltmak için insansız hava teknolojileri gibi uygulamaların hasat edilemeyen meyve ve ağaç hasarında önemli azalmalar sağladığını ve bu sayede verim artışı ve çevresel hasarın azaltılması gerektiği belirtilmiştir (Khan ve ark., 2024). Bu sayede zeytin tarımının verimliliğini ve çevresel etkisini ileriye taşımak için yapay zekâ ve hava teknolojilerini entegre eden hassas tarım tekniklerinin benimsenmesi gerektiği savunulmuştur. Jusup (2023) bu teknoloji sayesinde herhangi bir meyveye veya ağaca zarar vermeden zeytini hasat etmek için

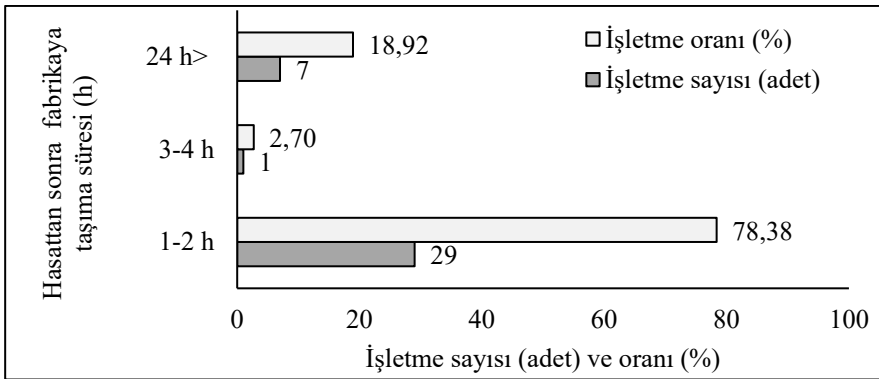
pervane rüzgarı kullanıldığı, ancak henüz ticarileştirilmemiş olan bu uygulamanın Roma'daki araştırma laboratuvarlarından deneme aşamasında olduğu bildirilmiştir. Bu teknolojiler aynı zamanda kirletici fosil yakıtlar yerine elektrik kullanarak ve diğer yer aletlerine göre tarla trafiği yaratmadan ve hasat hızını 3-kat kadar artırarak olumsuz çevresel etkileri azalttığı ifade dılmıştır. Özellikle yerde durarak yapılan hasat yöntemlerinde ulaşılmayan ağaç alanların yarattığı %20 oranındaki hasat edilemeyen ürün kaybının tersine bu tür hasat teknolojilerle azaltıldığı ve üretici kârını %30'a kadar artırabildiği eklenmiştir. Bu teknolojilere ek donanımlar eklenerek hasat işlemleri yansıra zeytin sağlığını izleyerek erken hastalık uyarıları verebileceği açıklanmıştır.



Şekil 4: Zeytin bahçesinden zeytinyağı fabrikasına ürünün taşıma şekli

Hasat edilen zeytinin taşınması ve depolanması yağ kalitesini etkilemektedir. En kaliteli yağ, zeytin tanesinin dalında olduğu an olup, toplandıktan sonra geçen zaman arttıkça yağ kalitesinde azalma olmaktadır. Bu nedenle yağ kalitesinin düşmemesi için zeytinin hasattan sonra en kısa süre içinde taşınarak yağa işlenmesi gerekmektedir. İncelenmiş olan zeytin işletmelerinde hasat işleminden sonra toplanmış olan zeytinlerin genel olarak günün sonunda yağ çıkarma fabrikasına taşındığı saptanmıştır. Ancak bazen gün içinde yoğun bir hasat işlemi uygulandığında ise kısa süre içinde yüksek miktarda biriken ürünün daha uzun süre içinde fabrikaya ulaştırıldığı da

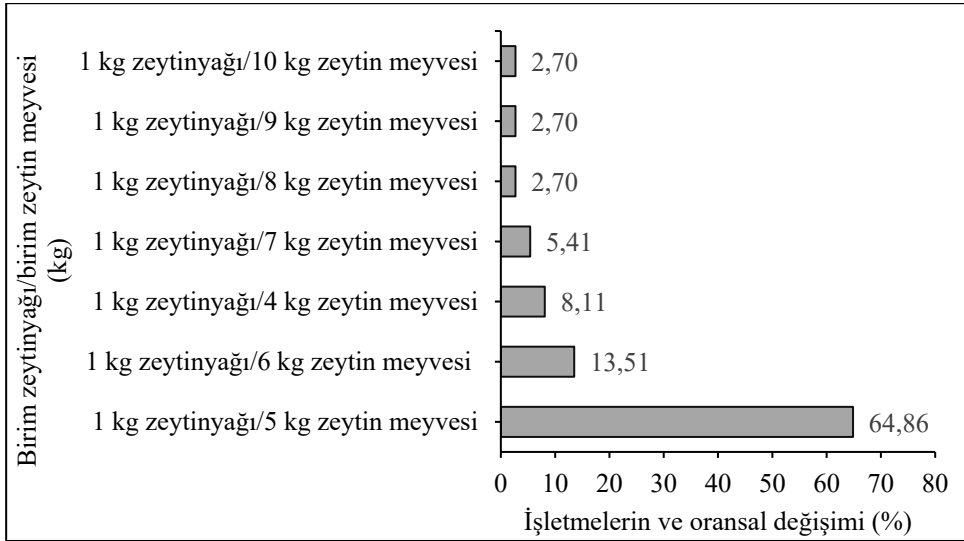
görülmüştür. Anket yapılan işletmelerde üreticilerin %78.38'i hasattan 1-2 saat sonra yağ çıkarma fabrikasına taşırken, %2.70'si 3-5 saat sonra ve %18.92'sinin ise bir günden daha fazla bir sürede içinde taşıdıkları saptanmıştır (Şekil 5). Ancak çalışmanın yürütüldüğü alanda zeytinin yoğun hasat dönemi olan ekim ve kasım ayları arasında yüksek oranda elde edilen ürün yörenin yetersiz zeytinyağı fabrikası nedeniyle uzun süre fabrikada kalmaktadır. Özellikle zeytinyağı fabrikaları ile yapılan görüşmelerde en yoğun hasat döneminde ürünlerin parti olarak ortalama 7-10 gün arasında sırada beklediği ifade edilmiştir. Bu bekleme süresi ne kadar uzarsa o oranda üründe çürüme artmakta ve bu da yağ kalitesini azaltmaktadır. Ancak, anket yapılan üreticilerin tamamına yakını (%97.30) fabrikada bekleme süresinin 4-10 gün arasında olduğu ancak bekleme süresinin fire kaybı ve yağ kalitesi üzerine etkisi konusunda fikir sahibi olmadıkları bildirilmiştir.



Şekil 5: Ürünün hasat işleminden sonra yağ çıkarma fabrikasına taşıma süresi

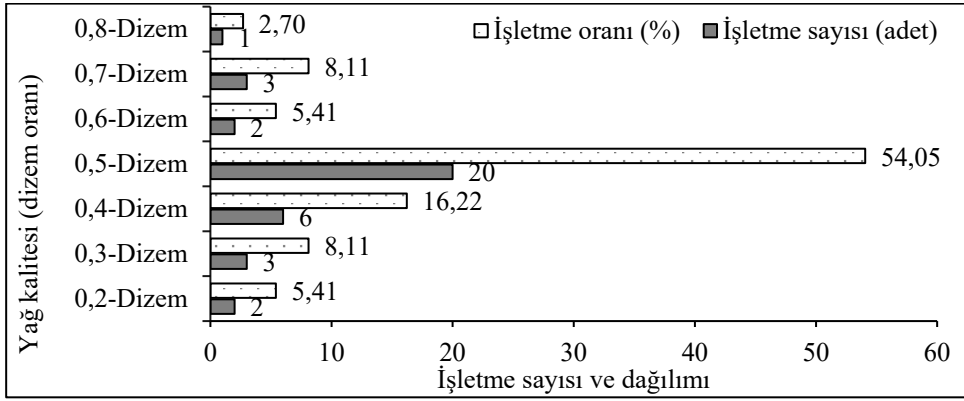
Anket yapılan tüm işletmeler hasat sonrasında elde edilen ürünlerini doğrudan yağ fabrikalarına götördükleri ve çoğunlukla çıkan yağın tamamen aldıklarını ve bazen de fabrikaya ihtiyacı dışında kalan yağı sattıkları belirtmişlerdir. Portekiz'deki bir çalışmada ise organik çiftçiler ürünlerinin satışı için küçük dağıtıcı firmalara (%43.5), doğrudan tüketiciye (%39.1), kooperatiflere (%17.4) satmayı tercih ederken, geleneksel çiftçilerin yarısı ise doğrudan tüketiciye (%50.0) ve diğerleri kooperatiflere (%16.7), küçük dağıtıcı firmalara (%16.7), süpermarkete (%8.3) ve diğer alıcılara (%8.3) sattıkları belirtilmiştir (Morais, 2024). Diğer taraftan zeytinde yağ verimi, coğrafi konumu, zeytin çeşidi, hastalık-zararlı, kültürel işlemler ve uygulama zamanı, hasat tekniği, zeytinin taşınması ve depolama şekli, işleme öncesinde bekleme

süresi ve işleme süresi gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörleri etkisinde olan yağ (kg)/zeytin meyvesi (kg) oranı üreticiler tarafından 1/5 (%64.86), 1/6 (%13.51), 1/4(%8.11), 1/7(%5.41), 1/8 (%2.70),1/9 (%2.70), 1/10 (%2.70) gibi farklı şekillerde belirtilmiştir (Şekil 6). Coğrafi konum ve çeşit değiştirilmesi mümkün olmasa da, ancak kültürel işlemler ve uygulama zamanı, kullanılan teknikler, depolama ve taşınma şekilleri üretici müdahalesiyle değiştirilebilir etkenlerdir. Bu etkenlerin arasında hasat zamanı ile birlikte şekli, taşınması ve işlenmesi birim zeytin meyvesindeki yağ oranını ve kalitesini etkileyen en önemli özelliktir.



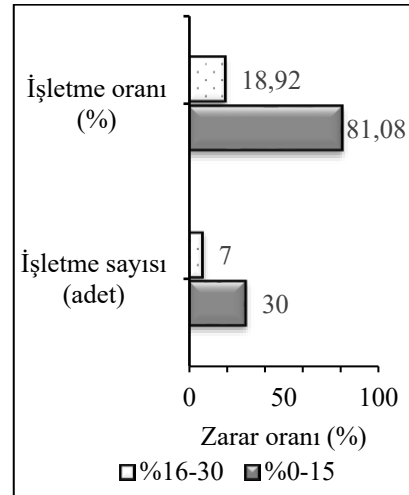
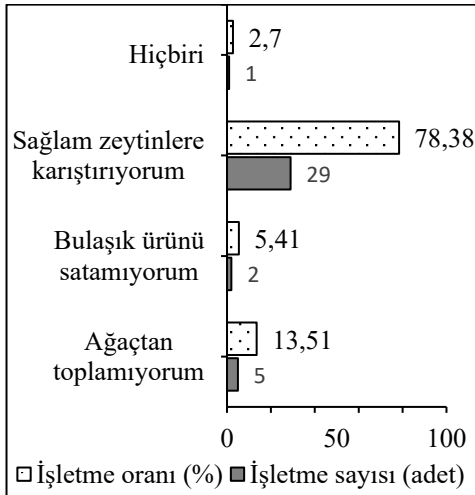
Şekil 6: Birim zeytin meyvesindeki zeytinyağı miktarı ve işletmelere göre değişimi

Yağ kalitesi dizem kavramı ile değerlendirilip ve zeytinyağı asit oranını ifade etmek için kullanılan terim olup, zeytinyağında asit oranı 1 değerinin altında ölçülmesi durumunda dizem olarak ifade edilir. Zeytinyağı asit oranını etkileyen temel faktörler hasat zamanı, hasattan sonra bekleme süresi (yani zeytin toplandıktan sonra fazla bekletilmeden sıkılması gerekir) ve zeytin sineği gibi zararlı etmenlerdir. Bu nedenle olgunlaşmamış ve dalından taze olarak toplanan zeytinlerden elde edilen zeytinyağı genellikle asit oranı düşüktür. İncelenen işletmelerde zeytinlerdeki dizem oranına bakıldığında, işletmelerin %54.05’inde 0.5-dizem, %16.22’sinde 0.4-dizem, %8.11’inde 0.3-dizem ve 0.7-dizem olarak saptanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7: Zeytinyağı asitlik derecesi (dizem oranı) ve işletmelere göre durumu

Zeytinyağı kalitesi olan dizem oranı çoğunlukla zeytinde var olan zararlı yoğunluğuna bağlı olup, özellikle zeytin sineğine ait larva veya ergin varlığı yağın bu kalite özelliğini oldukça düşürmektedir. Çalışma yapılan işletmelerde buna yönelik olarak hasat zamanı üründe fazlasıyla zeytin sineği larvasına rastlanıldığında çoğu üreticinin (%78.38) hasat edip ve sağlam olan ürünlerle karıştırdıklarını belirtmişlerdir (Şekil 8a). Diğer üreticilerin %13.51'i ise hasat etmeye gerek duymadıklarını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla hastalık ve zararlıdan ileri gelen ürün kaybının %0-15 arasında olduğunu belirten üretici oranı %81.08 iken, %16-30 ve daha yüksek kayıpları olan üreticiler ise %18.92 olduğu saptanmıştır (Şekil 8b).



Şekil 8: Hasat sırasında zeytin sineği larvası görülme varlığına göre ürünün değerlendirme durumu (a); hastalık-zararlıdan ileri gelen bahçedeki ürün kayıp oranı (b)

Çalışmanın yürütüldüğü işletme sahipleri hasat işlemlerinin elle hasattan makinalı hasada doğru bir gelişme olduğu, ancak makina satın alma bedeli dahil olmak üzere işletme bazında makinalı hasadın henüz karlı bir yöntem olmadığını ifade edilmiştir. Sumrah ve ark. (2023) elde edilen yağ üzerinden en yüksek net karın elle ile hasat ve delik kasalarda taşınmanın yapıldığı uygulamada elde edildiği, en düşük karın ise sııklı çarpma ve plastik çuval ile taşınmanın olduğu belirtilmiştir.

KAYNAKÇA

- Alsanhani, A.N., Al-Shayaa, M.S., Dabiah, A.T. (2025). Advancing sustainable agriculture through digital technology: The role of the ‘agricultural guide’ app in improving olive farming practices in Saudi Arabia. *Sustainability*, 17:2340.
- Anonim, 2013. Dünyada, Türkiye’de, Edremit Körfezi Çevresinde Zeytin ve Zeytinyağı. Edremit Belediyesi Kültür Yayınları No: 7. ISBN:978-605-62253-0-7. AKMAT Baskı.
- Almeida, A., Figueiredo, T., Fernandes-Silva, A. (2015). Data used as an indicator of mechanical olive harvest season. *Agriculture and Agricultural Sci. Procedia*, 7:2-5.
- Amirante, P., Tamborrino, A. Leone, A. (2012). Olive harvesting mechanization systems in high density orchards. *Acta Horticulturae*, 949(949):351-358.
- Aygün, İ., Urkan, E., Alayunt, F.N., Yalçın, H., Tekin, A.B. (2019). İzmir ilinde zeytin hasadında kullanılan yerli ve ithal çırpıcı tip makinaların hasat performanslarının değerlendirilmesi. *J of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 33(2):265-271.
- Bernardi, B., Falcone, G., Stillitano, T., Benalia, S., Bacenetti, J., De Luca, A.I. (2021). Harvesting system sustainability in Mediterranean olive cultivation: Other principal cultivar. *Science of the Total Environment*, 766:142508.
- Camposo S., Vivaldi, G.A., Russo, G., Melucci, F.M. (2022). Intensification in olive growing reduces global warming potential under both integrated and organic farming. *Sustainability*, 14, 6389.
- Catania, P., Bono, F., Vallone, M. (2017). Evaluation of the vibrations transmitted to the hand-arm system in the use of portable harvesters for olives. *CIGR Journal*, 19(2):129-138.
- Castillo-Ruiz, F.J.; Sola-Guirado, R.R.; Castro-Garcia, S.; Gonzalez-Sanchez, E.J.; Colmenero-Martinez, J.T.; Blanco-Roldan, G.L. (2017). Pruning systems to adapt traditional olive orchards to new integral harvesters. *Sci. Hortic.*, 220:122-129.
- Cicek, G., Sumer, S.K., Kocabiyik, H. (2010). Effect of different harvest methods on olive yield and work capacity. *African J of Agricultural Research*, 5(23):3246-3250.
- Duarte, F., Jones, N., Fleskens, L. (2008). Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment? *J. Environ. Manag.*, 89:86-98.
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, I., Sönmez, S. (2013a). Olive and Olive Oil; Edremit Municipality: Balıkesir, Turkey, ISBN 978-605-62253-3-8.
- El-Iraqi, M.E., El Khawag, S.E., Awais, T.R. (2011). Modification and evaluation of hand-held harvesters for olive fruits. *J of Soil Science and Agricultural Engineering of Mansoura University*, 2(11):1155-1171.

- Çiçek, A., Erkan, O. (1996). Tarım Ekonomisinde Örneklem Yöntemleri. GOPÜ. Ziraat Fak. Yayınları No:12. Ders Notları Serisi, No.6. *Tokat*. 58-59.
- Ferguson, L., Rosa, U.A., Castro-Garcia, S., Lee, S.M., Guinard, J.X., Burns, J., Krueger, W.H., O'Connell, N.V., Glozer, K. (2010). Mechanical harvest of California table and oil olives. *Advances in Horticultural Science*, 24(1):53-63.
- Fernández-Escobar, R., de la Rosa, R., Leon, L., Gomez, J.A., Testi, F., Orgaz, M., Gil Ribes, J.A., Quesada Moraga, E., Trapero, A. (2013). Evolution and sustainability of the olive production systems. In: Arcas, N. (Ed.), Present and future of the Mediterranean olive sector. Zaragoza: CIHEAM/IOC. In: Arroyo López, F.N., Caballero, J., D'Andria, R., Fernández, M., Fernández-Escobar, R., Garrido, A. Zanolli, R. (Eds.), Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 106:11-42.
- Fraga H., Moriondo M., Leolini L., Santos J.A. (2021). Mediterranean olive orchards under climate change: a review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11:56.
- Ghonimy, M., Ibrahim, M.M., Ghaly, A.E., Abd El Rahman, E.N. (2021). Performance evaluation of hand-held olive harvesters. *Agricultural Engineering Inte. CIGR J.*, 23(4):127-137.
- Ghonimy, M., Alharbi, A., Ibrahim, M.M. (2025). Comprehensive performance assessment of an over-the-row olive harvester. *Heliyon*, 11:e43438.
- Golmohammadie M., Ghasemi S., Ghasemi M. (2022). Determining the most suitable time to harvest olive fruits infected with olive fruit fly '*Bacterocera oleae*' larvae based on the quality and quantity of fruit oil. *Agrotechn Indust Crops*, 2(3):17-122.
- IPCC. IPCC WGII Sixth Assessment Report. Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (2022).
- Jiménez-Jiménez, F., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G.L., González-Sánchez,
- Jusup, N. (2023). Rome Design Drone for Harvesting Olives. Olive Oil Times. Retrieved from <https://www.oliveoiltimes.com/briefs/students-design-drone-for-harvesting-olives/114883>.
- Ilgar, R. (2016). Çanakkale İlinde Zeytin Yetiştiriciliği ve Yaşanan Sorunlar. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, İstanbul.
- Kaniewski, D., Marriner, N., Morhange, C., Khater, C., Terral, J.-F., Besnard, G., Otto, T., Luce, F., Couillebault, Q., Tsitsou, L., Pourkerman, M., Cheddadi, R. (2023). Climate change threatens olive oil production in the Levant. *Nature Plants*, 1-9.

- Khan, A.A., Zia-Ul-Haq1, Islam, M.A., Saad, A., Raza,S.M., Irfan Ali, I., Sheraz, K., Usman, M. Ali, M.M., Ali, M. (2023). Prospects and scope of olive mechanization: *A Review. Zoo Botanica*, 01(2):79-83.
- Khan, H.A., Rao, S.A., Farooq, U. (2024). Optimizing olive harvesting efficiency through UAVs and AI integration. *J. of Agricultural Science*, 16 (11):45-53.
- Lo Bianco, R., Proietti, P., Regni, L., Caruso, T. (2021). Planting systems for modern olive growing: Strengths and weaknesses. *Agriculture*, 11:494.
- Mansour, H.A., Elmesiry, Th. A., Abdelhady, A.A. (2018). Cost analysis of olive harvesting by hand-held machine. *Worldwide J of Multidisciplinary Research and Development*, 4(2):361-363.
- Marino, G., Macaluso, L., Grilo, F., Marra, F.P., Caruso, T. (2019). Toward the valorization of olive (*Olea europaea* var. *europaea* L.) biodiversity: Horticultural performance of seven Sicilian cultivars in a hedgerow planting system. *Sci. Hortic.*, 256:108583.
- Massenti, R., Ioppolo, A., Carella, A., Imperiale, V., Lo Bianco, R., Servili, M., Selvaggini, R., Caruso, T. (2024). Growth, yield and oil quality of adult pedestrian olive orchards grown at four different planting systems. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1416548.
- Messina, G., Sbaglia, M., Bernardi, B. (2025). Mechanical harvesting of olive orchards: An overview on trunk shakers. *Agri. Engineering*, 7:52.
- Morais, T.H.B. (2024). A study of organic farming diffusion in NE region of Portugal and the factors influencing olive farmers adopting organic farming. Master of Science, Vienna.
- Nasini, L., Proietti, P. (2014). Olive harvesting. Chapter 8 in the Extra-virgin Olive Oil Handbook, John Wiley & Sons Ltd, UK.
- Qabatty, A., Alayunt, F.N. (2023). ‘Domat’ sofralık zeytin çeşidinde farklı hasat yöntemlerinin ve kısa süreli depolamanın meyve kalitesine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 60 (2):343-352.
- Ozpinar, S. (2025). Energy flow and greenhouse gas emissions in olive production: A comparison of organic and conventional orchards. *Applied Fruit Science*. 67:324.
- Ozturk, M., Altay, V., Gönenç, T.M., Unal, B.T., Andleeb Bukhari, A. (2021). An overview of olive cultivation in Turkey: Botanical features, eco-physiology and phytochemical aspects. *Agronomy*, 11:295:
- Proietti, S., Sdringola, P., Regni, L., Evangelisti, N., Brunori, A., Ilarioni, L., Nasini, L., Proietti, P. (2017). Extra virgin olive oil as carbon negative product: experimental analysis and validation of results. *J. Clean. Prod.*, 166:550e562.
- Sannino, M., Faugno, S., Maresca, G., Suardi, A., Panico, T., Fiorentino Costanzac, F. (2024). Olive growing in the Sorrento Peninsula: Operative, economic, and environmental evaluation trough LCA of mechanical harvesting. *Heliyon*, 10:e40461.

- Sola-Guirado, R., Ceular-Ortiz, D., Gil-Ribes, J. (2019). Automated system for real time tree canopy contact with canopy shakers. *Comput. Electron. Agric.*, 143:139-148.
- Sola-Guirado, R.R., Sanchez-Cachinero, P., Tombesi, S. (2024). Configurable trunk shaker for the mechanical harvesting of different fruit branches. *J. Vib. Control.*, 30:2050-2058.
- Somavat, P., Huang, H., Kumar, S., Garg, M., Danao, M., Singh, V., Paulsen, M., Rausch, K.D. (2015). Hermetic wheat storage for small holder farmers in India, in: *Proceedings of the First International Congress on Post-Harvest Loss Prevention*, Rome, Italy. pp. 4-7.
- Sperandio, G., Biocca, M., Fedrizzi, M., Toscano, P. (2017). Economic and technical features of different levels of mechanization in olive harvesting. *Chemical Engineering Transactions*, 58:853-858.
- Sumrah, M.A., Mahfooz, S.H., Jan, M., Akhtar, S., Pasha, M.F.K., Hussain, A., Anser, M.R., Akhtar, J. (2023). Economical olive oil production by reduction of post-harvest losses in olive fruit. *J of Economic*, 5(1):88-91.
- Testa, R., Di Trapani, A. M., Sgroi, F., Tudisca, S. (2014). Economic analysis of process innovations in the management of olive farms. *American J Applied Sci.*, 11(9):1486-1491.
- Tombesi, A. (2013). Advances in harvesting and pruning of olive trees. *La Rivista Di Scienza Dell'alimentazione*, Numero 1, Gennaio-Marzo. Anno 42.
- Tous, J., Romero, A., Hermoso, J. (2010). New trends in olive orchard design for continuous mechanical harvesting. *Adv. Hortic. Sci.*, 24:43-52.
- TUİK, 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: Kasım 2022))
- Tuğaç, M.G., Sefer, F. (2021). Türkiye’de zeytin (*Olea europaea* L.) üretimine uygun alanların coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çoklu kriter analizi ile belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 58(1):97-113.
- Wiesman, Z. (2009). *Desert olive oil cultivation: advanced bio technologies*. Academic Press.

BÖLÜM 7

TERMOELEKTRİK SİSTEMLERİN TARIMDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Serhat KOÇYİĞİT¹³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17493887>

¹³ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye. skocyigit@bingol.edu.tr, orcid id: 0000-0003-0172-6180

2. GİRİŞ

Tarım, üretimden depolamaya, sulamadan hasada kadar pek çok aşamada büyük ölçüde enerjiye bağımlı bir yapıya sahiptir (Çelik ve ark., 2024; Tutar ve ark., 2025a). Azalan fosil yakıt rezervleri ve gün geçtikçe artan enerji talebi; maliyet artışları, tedarik kesintileri ve süreçlerin enerjiye bağımlılığından kaynaklanan verim kayıpları gibi yaygın sorunları gündeme getirmektedir (Zhukovskiy ve ark.,2021; Tutar ve ark., 2025b). Bu koşulların giderilmesinde atık ısılardan faydalanılarak, sıcaklık farkından elektriğe doğrudan dönüşüm sağlayan termoelektrik teknolojileri malzeme ve cihaz düzeyinde önemli avantajlar sağlayabilmektedir (Zhang ve Zhao, 2015). Termoelektrik sistemler; hareketli parça içermeyen yapıları, düşük bakım gereksinimleri ve harici enerji arzına sınırlı ihtiyaç duyma özellikleriyle farklı kullanım senaryolarında pratik bir alternatif sunmaktadır (Freer ve Powell, 2020).

Sıcaklık farkından oluşan atık ısının elektriğe dönüştürülmesinde malzeme performansı belirleyici konumdadır. Hedef malzemenin Seebeck katsayısının ve elektriksel iletkenliğin yüksek olması ve ısıl iletkenliğin daha düşük değerlerde olması ile hedeflenen güç yoğunluğu ve verim uygulanabilir düzeydedir (Elsheikh ve ark., 2014). Bu bağlamda toksik içeriği düşük, kimyasal ve termal kararlılığı yüksek kompozit sistemlere yönelim artmaktadır (Baskaran ve Rajasekar, 2024). Metal oksit temelli yapılar, yüksek sıcaklık kararlılığı ve çevresel uyumluluk avantajları nedeniyle dikkat çekmekte; çeşitli metal oksit veya kompleks oksit yapılara kalsiyum, sodyum, magnezyum, stronsiyum, bizmut ve lantan gibi katkılarla taşıyıcı konsantrasyonu ve saçılma mekanizmaları hassas biçimde ayarlanmaktadır (Okhay ve Tkach, 2023; Bhandari ve ark., 2024). Grafen, grafen oksit, karbon nanotüp gibi yüksek elektrik ve termal iletkenliğe sahip karbonik fazlar, uygun dozaj ile elektron taşınımını iyileştirirken; bor gibi katkılarının bant yapısı, fonon saçılması ve noktacık kusur mimarisi üzerinden ısıl iletkenliğin düşürülmesine katkı sağladığı bilinmektedir (Ajeel ve Ahmed, 2023; Yun ve ark.,2021). Bu tür çok fazlı kompozitlerde arayüz temas direnci, faz uyumu ve mikro/nanoyapısal homojenlik, ölçülen performansı belirleyen temel parametreler arasındadır.

Tarımsal uygulamalarda cihaz düzeyinde ince-film ve esnek yapılara son yıllarda ilgi artmaktadır. İnce katman mimarileri olarak tanımlanan ince film yapılar nanoteknolojik özellikleri sayesinde, düşük profil ve yüksek yüzey– hacim oranı sayesinde ısı transferini hızlandırmakta; esnek altlıklar tekrarlı mekanik gerilmelere ve sıcaklık çevrimlerine karşı dayanım hedefleyen uygulamalar için olanak sağlamaktadır (Wu ve ark., 2021). Elektrot–yarıiletken arayüzünde temas direncini düşük tutan iletken katmanlar, uzun süren kararlılığa doğrudan etki etmektedir. Güç elektroniği tarafında yük eşleştirmesi ve maksimum güç noktası takibi, malzeme tarafından sağlanan anlık güç çıkışının kullanılabilirliğini artırmakta; geçici ısı farklarından elde edilen enerjinin depolama birimleriyle dengelenmesi genel sistem verimini yükseltmektedir (Tikhomirov ve ark., 2020).

Termoelektrik ısı pompası uygulamaları, kontrollü ısı çekimi ve ısı geri kazanımıyla süreç mühendisliğinde somut kazanımlar sunmaktadır. Nem alma ve soğutma işlevlerinde hedeflenen düşük sıcaklık bölgelerinin oluşturulması gibi termal işlemlerde atık ısının geri kazanılması toplam enerji tüketimini düşürmektedir (Yao ve ark., 2017; Han ve ark., 2025). Bu işlevler, aynı donanım içinde ısıtma–soğutma modlarının tersinirliği sayesinde yüksek teknolojlili çözümlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Araştırma ve geliştirme açısından malzeme bileşimi ve tane boyutu; cihaz geometrisi, elektrot mimarisi ve kapsülleme; işletim parametreleri, yük profili ve çevresel koşullar birlikte ele alındığında, deney–simülasyon döngüleri önem arz etmektedir (Chao ve ark., 2021; Wu ve ark., 2021). Veri modellemeleri ve yapay zekâ destekli araçlar, farklı senaryolarda performans ve parametre analizlerini sistematik biçimde gerçekleştirmeye imkân tanımaktadır.

Bu bölüm; termoelektrik malzeme ve kompozit tasarımındaki güncel eğilimleri, ince-film/esnek cihaz durumlarını ve sistem düzeyindeki enerji eşleştirme ve kontrol yaklaşımlarını bir arada ele almaktadır. Amaç; artan enerji talebinin yol açtığı maliyet ve güvenilirlik baskıları altında, atık ısı temelli enerji dönüşüm ve ısı yönetimi çözümlerinin tarımda nasıl kullanılabileceğine ilişkin tutarlı, teknik ve yeniden kullanılabilir bir çerçeve sunmaktır.

3. TERMoeLEKTRİK SİSTEMLERİN TARIMDA KULLANIM ÖRNEKLERİ

Shatar ve ark., 2018 çalışmasında kapalı alan tarımında yüksek enerji tüketimini azaltmak ve şebekeden bağımsız çalışmayı kolaylaştırmak için fotovoltaiik (PV) ile termoelektrik jeneratörü (TEG) birleştiren hibrit bir güç sistemi tasarlayarak ve fizibilite çalışmalarını yapmışlardır. Bu planlamada TEG'ler PV panelin arkasına monte edilmiş, PV paneller paralel, TEG'ler seri bağlanmıştır. TEG doğrudan aküye ek güç sağlarken, PV ise şarj kontrolörü üzerinden aküyü beslemiştir. Sonuç olarak PV-TEG hibrit yapı, kaapalı alan tarımında LED aydınlatma yükünü beslemede umut verici olarak tespit edilmiş, TEG'ler özellikle sıcaklık farkı arttığında küçük oranlarda olsa da ek verim sağlamıştır.

Ouhmad ve Malaoui, 2022 çalışmalarında akıllı tarım sistemlerinde kullanılan yerel elektronik cihazların güç kaynağı sorunlarını çözmek için termoelektrik jeneratör (TEG) kullanarak elektrik üretmenin yeni bir yolunu incelemeyi ve bu sistemi simüle etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma, Seebeck etkisine dayanan yarı iletkenler kullanılarak topraktaki termal enerjiyi ve yer ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark ile elektrik üretmeyi önermiştir. "ANSYS" ve "TeGDS" gibi özel yazılımlar kullanılarak ideal bir minyatür elektrik jeneratörü tasarlanmış ve simüle etmişlerdir. Tasarlanan jeneratörün boyutları kübik şekilde 16 cm x 16 cm x 16 cm boyutlarında olup simülasyonda Bi2 Te3 tabanlı termoelektrik modüllerden 20 adet (40 mm x 40 mm x 3.9 mm) olarak planlanmıştır. Bu modüller geometrinin beş yüzeyine, her yüzeye dört modül olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sıcaklık farkı 15 C olarak belirlenmiştirBuna göre, TeGDS simülasyonnda 20 termoelektrik modül için maksimum güç 2.65 W olarak bulunmuştur. Maksimum elektrik gerilimi 14.2 V ve akım 1.8 A olarak elde edilmiştir. ANSYS simülasyonunda ise 20 termoelektrik modül için maksimum güç 2.4 W, maksimum gerilim 12 V ve akım 0.45 A olarak elde edilmiştir. Bulunan sonuçlar, bu çalışmanın akıllı tarım

alanındaki önemini göstermiş ve bu enerji üretim tekniğinin akıllı tarımda kullanılan elektronik cihazlara güç sağlamasına olanak tanıdığını belirtmiştir.

Saharun ve ark., 2021 çalışmalarında, termoelektrik jeneratör (TEG) kullanarak tarım topraklarında termal enerji hasadını karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamışlardır. TEG'lerin, düşük voltajlı cihazlara güç sağlayabilen ve ortam ile toprak arasındaki sıcaklık farkından küçük bir elektrik jeneratörü olarak işlev gören sistemlerde kullanılması planlanmıştır. Bunun için farklı toprak bileşimlerinin farklı sıcaklık gradyanları sağlayacağı varsayımıyla, farklı bitki türlerinin bulunduğu tarım toprakları, enerji kaynağı olarak seçilmiştir. Ölçümler iki farklı tarım alanında yapılmıştır:

- Sebze Çiftliği: Kil toprağa sahiptir, pH değeri 7'dir. Rüzgâra ve parlak güneş ışığına maruz kalan açık bir alandır.
- Meyve Bahçesi: Silt toprağa sahiptir, pH değeri 6.5'tir. Uzun ve büyük ağaçları vardır.

TEG'in soğuk yüzeyine, ısı iletkeni olarak işlev gören dikdörtgen şeklinde bir alüminyum elektrot bağlanmıştır. TEG ve elektrot toprağa gömülmüş ve üretilen voltaj belirli zaman aralıklarında kaydedilmiştir. Ölçümler, 90 dakika boyunca 15 dakikalık aralıklarla alınmış ve tek TEG ile seri bağlanmış iki TEG kullanılarak karşılaştırılmıştır. Seri bağlanmış iki TEG kullanılarak yapılan ölçümler, tek TEG'e göre daha yüksek voltaj ve akım okumaları vermiştir. Seri bağlanan daha yüksek sayıda TEG'in, daha fazla termal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürdüğü saptanmıştır. Tahminler, yüksek nem içeriğine sahip silt toprağın daha iyi termal iletkenliği nedeniyle daha yüksek voltaj üreteceği yönündeydi. Ancak sonuçlar, nispeten daha az nemli olan kil toprağın daha yüksek voltaj üretebildiğini göstermiştir. En yüksek enerji hasadının sadece toprak türüne bağlı olmadığı, verimi etkileyen diğer faktörler olarak ortam sıcaklığı, güneş ışığı miktarı, hava durumu, tarım arazisinin peyzajı ve topraktaki nem olarak yorumlandığı belirtilmiştir. Kil

toprağın daha fazla üretmesinin nedeni, sebze çiftliğinin gölge sağlayacak çok sayıda ağacının olmamasından dolayı güneş ışığının doğrudan zemini ve TEG'i ısıtmasına izin vermesindendir.

Tikhomirov ve ark., 2020 çalışmalarında, sığır yetiştirme tesislerinde optimal mikro iklim parametrelerini sağlamak için TEG tabanlı bir nem alma cihazı geliştirmeyi amaçlamışlardır. Peltier elementlerini kullanarak hayvancılık binalarındaki havayı nem alma, ısıtma ve dezenfekte etme işlevlerini birleştiren bir termoelektrik ünitenin fonksiyonel-teknolojik şeması ve hesaplama yöntemi tasarlanmıştır. Ünite, kapalı alan havasını çekerek Peltier elementlerinin soğuk tarafındaki hava ısı eşanjörünün yüzeyinde nem yoğunlaşması için çiy noktasının altına kadar soğutmuş, bu sırada, ozonlayıcıdan gelen ozon kullanılarak hava temizlenmiş ve dezenfekte edilmiştir. Nem alınmış ve soğutulmuş hava daha sonra ayrı bir sıvı ısı eşanjöründe ısıtılarak başlangıç veya ayarlanan sıcaklık değerine getirilmiştir. Peltier elementlerinin sıcak tarafındaki ısı, bu ısıtma devresine yönlendirilmiştir. Fonksiyonel-teknolojik şemayı doğrulamak ve hesaplama yöntemlerini ayarlamak için termoelektrik hava nem alma ünitesinin bir fiziksel modeli yapılmış ve araştırılmıştır. Daha sonra, ayarlanan yöntem ve modelleme sonuçlarına dayanarak bir deney örneği üretilmiş ve 6 ay boyunca çeşitli çalışma koşullarında test edilmiştir. Sıcak devre tarafından çekilen ve nemi alınmış havayı ısıtmak için kullanılan termal enerji, elektrik şebekesinden tüketilen elektrik enerjisi maliyetlerini %20 ila %30 oranında azaltabileceği anlaşılmıştır. Nem alma ve ısıtma sonrasında bağıl nem %15 ila %20 oranında azalmıştır. Geleneksel nem alma cihazlarından farklı olarak, geliştirilen ünite nem alma, ısıtma ve hava sanitasyonu olmak üzere üç işlevi yerine getirmiştir. Ayrıca, agresif ortamlara ve titreşime karşı yüksek bağılıklığa sahip ve daha uzun ömürlü olduğu belirtilmiştir.

Tikhomirov ve ark., 2024 çalışmalarında, termoelektrik ısı pompası uygulayarak meyve ve sebzeler için tasarlanmış kurutma ünitesinin enerji verimliliğini artırmayı amaçlamışlardır. Araştırmanın özel hedefi, yeni tasarlanan konvektif tip termoelektrik kurutma ünitesinde 1 kg suyun buharlaşması sırasında tüketilen özgül güç miktarını değerlendirmek ve enerji verimliliğini seri üretilen numunelerle karşılaştırmaktır. Termoelektrik ısı pompası kullanan termoelektrik kurutucunun blok şeması tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, kısmi egzoz havası devridaimi ve ısı geri kazanımı ile bir kurutma maddesi yardımıyla ürünün işlenmesini içermiştir. Çalışma prensibi, termoelektrik düzeneğin soğuk devresinin egzoz havasından bir miktar termal enerjiyi emmesi ve bunu sıcak devreye aktararak sıcak taraftaki termal enerji üretimini artırmasıdır. Bu termal enerji, elektrik şebekesinden tüketilen gücü azaltmak için havayı ısıtmak için kullanılmıştır. Kurutma, hem yeni geliştirilen termoelektrik kurutma ünitesinde hem de geleneksel, seri üretilen konvektif tip ev tipi kurutucu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Termoelektrik ısı pompası uygulamasının, egzoz maddesi ısı geri kazanımını sağlayarak, yeni tasarlanan konvektif tip termoelektrik kurutma ünitesinde kurutma işlemi sırasında elektrik gücü tüketimini ve kurutma maddesi ısıtıcısının kurulu kapasitesini geleneksel seri üretilen ev tipi kurutuculara kıyasla %20'ye kadar azaltmayı mümkün kıldığı bulunmuştur.

Han ve ark., 2025 çalışmalarında ise, soğuk iklimlerdeki seralarda yüksek bağıl nem sorununun üstesinden gelmek için termoelektrik soğutmaya dayalı yenilikçi bir nem alma cihazı tasarlamayı, bu cihazı test ve analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışma, nem alma sırasında geri kazanılan ısıyı iç mekan havasını ısıtmak için kullanan bir TEG'in potansiyelini araştırmıştır. TEG performansı, hacmi yaklaşık 160 m³ olan bir Güneş Serasında değerlendirilmiştir. Deneyler, sıcaklık ve nem dalgalanmalarını azaltmak için geceleri yapılmıştır. Nem alma hızı, ısı geri kazanım hızı ve güç tüketimi değerlendirme metrikleri olarak kullanılmış ve optimal parametre

kombinasyonu bir radar grafiği ile belirlenmiştir. Uygun çalışma parametreleri altında TEG'in güneş serası içindeki hava sıcaklığı ve bağıl nem dağılımları üzerindeki etkisi incelenmiştir. TEG'in optimal parametrelerle 120 dakika çalıştırılmasıyla seradaki ortalama bağıl nem %25.5 oranında azalmıştır. Seradaki ortalama hava sıcaklığı 3.4 C artmıştır. Buhar Basıncı Açığı 0.2 kPa'dan 1.1 kPa'ya yükselmiş, bu da mahsul için daha uygun bir ortam sağlamıştır. TEG'in çalışması, mahsulün birincil büyüme bölgelerine karşılık gelen seranın 0.2 m ile 1.5 m yüksekliği arasındaki dikey aralıkta mahsul büyüme ortamını özellikle iyileştirmiştir. TEG sistemi, nem alma ve ısıtmayı birleştirmiştir ve düşük başlangıç maliyeti ile kompakt tasarıma sahip olması avantaj sağlamıştır, bu durum TEG'i küçük ve orta ölçekli seralar için özellikle uygun hale getirmiştir.

4. SONUÇ

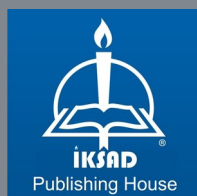
Termoelektrik teknolojileri, azalan fosil yakıt rezervleri ve artan enerji talebi karşısında tarım sektöründeki enerji sorunlarına yenilikçi ve verimli çözümler sunmaktadır. Atık ısı temelli enerji dönüşümü sağlayan Termoelektrik Jeneratörler (TEG) ve kontrollü ısı çekimi/geri kazanımı yapan Termoelektrik Isı Pompaları (TEIP) gibi sistemler, tarımsal süreçlerde maliyet ve verim kayıplarını azaltma potansiyeli taşımaktadır. TEG'ler, hareketli parça içermemeleri ve düşük bakım gereksinimleri sayesinde akıllı tarım sensörlerinin ve düşük güçlü elektronik cihazların güç kaynağı sorunlarını çözmek için pratik bir alternatif sunmaktadır. Yapılan çalışmalar, toprak ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkını kullanarak simülasyonlarda minyatür TEG tasarımlarının fizibilitesini kanıtlamıştır. Ayrıca, nemli kil topraklarda dahi ortam sıcaklığı, güneş ışığı ve peyzaj gibi faktörlerin etkisiyle anlamlı enerji hasadı elde edilebilmiş, bu da TEG'lerin tarımsal uygulamalarda şebekeden bağımsız çalışma potansiyelini desteklemiştir. Diğer yandan, TEIP'ler sığır yetiştirme tesisleri ve seralar gibi kapalı alanlarda nem alma, ısıtma ve hatta

hava sanitasyonu gibi üç işlevi birleştirerek toplam enerji maliyetlerini azaltabilmektedir. TEIP'lerin bu çok işlevliliği ve enerji verimliliği, geleneksel sistemlere kıyasla önemli bir rekabet avantajı sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için, malzeme ve cihaz düzeyinde daha ileri optimizasyonlar kritik öneme sahiptir. TEG ve TEIP'lerin tarımsal ortamlarda daha yaygın ve verimli kullanımı için, mevcut modüllere ek olarak, düşük toksik içeriğe sahip ve yüksek termal/kimyasal kararlılığa sahip kompozit malzemelerin (metal oksit ve karbonik faz katkılı yapılar gibi) geliştirilmesine odaklanılmalıdır. Cihaz mimarisi açısından, tarımsal sensör ağlarına entegrasyonu kolaylaştıracak ince-film ve esnek TE yapılarının geliştirilmesi ve bu yapıların arayüz temas direncinin ve uzun süreli kararlılığının artırılması önerilmektedir. Ayrıca, nem alma, ısı geri kazanımı ve hava akış kontrolü gibi işletim parametrelerini gerçek zamanlı olarak mahsulün ihtiyacına göre ayarlayan, veri güdümlü ve yapay zekâ destekli kontrol sistemlerinin geliştirilmesi, termoelektrik teknolojilerinin tarımda verimlilik ve güvenilirliğini en üst düzeye çıkaracaktır. Bu çok yönlü iyileştirmeler, TE sistemlerinin küçük ve orta ölçekli seralar ve hayvancılık tesisleri gibi niş uygulamalardan çıkarak, tarım sektörünün genelinde sürdürülebilir enerji çözümleri sunmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ajeel, F. N., & Ahmed, A. B. (2023). Influence of the boron doping and Stone–Wales defects on the thermoelectric performance of graphene nanoribbons. *The European Physical Journal B*, 96(10), 127.
- Baskaran, P., & Rajasekar, M. (2024). Recent trends and future perspectives of thermoelectric materials and their applications. *RSC advances*, 14(30), 21706-21744.
- Bhandari, T. R., Bhattarai, R. P., & Adhikari, R. (2024). A review on synthesis, structural properties and applications of metal oxide-based thin film thermoelectric materials. *Journal of Materials Science*, 59(43), 20204-20220.
- Chao, S., Liaw, Y., & Chou, J. H. (2021). The effects of filler shape, type, and size on the properties of encapsulation molding components. *Electronics*, 10(2), 98.
- Çelik, Ş., Tutar, H., Gönülal, E., & Er, H. (2024). Prediction of fresh herbage yield using data mining techniques with limited plant quality parameters. *Scientific Reports*, 14(1), 21396.
- Elsheikh, M. H., Shnawah, D. A., Sabri, M. F. M., Said, S. B. M., Hassan, M. H., Bashir, M. B. A., & Mohamad, M. (2014). A review on thermoelectric renewable energy: Principle parameters that affect their performance. *Renewable and sustainable energy reviews*, 30, 337-355.
- Freer, R., & Powell, A. V. (2020). Realising the potential of thermoelectric technology: a Roadmap. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(2), 441-463.
- Han, X., Liu, T., Cai, Y., Wang, D., Wei, X., Hai, Y., ... & Guo, W. (2025). Design and Evaluation of an Innovative Thermoelectric-Based Dehumidifier for Greenhouses. *Agronomy*, 15(5), 1194.
- Okhay, O., & Tkach, A. (2023). Metal Oxide Based Thermoelectric Materials. In *Optical Properties of Metal Oxide Nanostructures* (pp. 399-430). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Ouhmad, L., & Malaoui, A. (2022, March). Study and Simulation of a Thermoelectric Generator for the Intel-ligent Agricultural System. In *1st International Conference on Sol, Water and Environment challenges and Solution (SWECS), High school of technology of Fkih Ben Saleh, Sultan Moulay Slimane University, Morocco* (Vol. 29, No. 03).
- Saharun, I. F., Saudin, N., Mohamed, M. A., Jamel, N., & Mohamed, H. (2021, May). Comparative study of thermal energy harvesting on agricultural soils using thermoelectric generator (TEG). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1878, No. 1, p. 012043). IOP Publishing.
- Shatar, N. M., Rahman, M. A. A. A., Salim, S. A. Z. S., Ariff, M. H. M., Muhtazaruddin, M. N., & Badlisah, A. K. A. (2018, December). Design of photovoltaic-thermoelectric generator (PV-TEG) hybrid system for

- precision agriculture. In *2018 IEEE 7th international conference on power and energy (PESCon)* (pp. 50-55). IEEE.
- Tikhomirov, D. A., Trunov, S. S., Kuzmichev, A. V., Rastimeshin, S. A., & Shepovalova, O. V. (2020). Energy-efficient thermoelectric unit for microclimate control on cattlebreeding premises. *Energy Reports*, 6, 293-305.
- Tikhomirov, D., Khimenko, A., Kuzmichev, A., Budnikov, D., & Bolshev, V. (2024). Raising the Drying Unit for Fruits and Vegetables Energy Efficiency by Application of Thermoelectric Heat Pump. *Agriculture*, 14(6), 922.
- Tutar, H., Eren, Ö., Er, H., Gonulal, E., & Gokdogan, O. (2025a). Field-based experimental greenhouse gas emissions and energy use efficiency study of sorghum x sudan grass hybrid growth in a semi-arid region. *energy*, 315, 134450.
- Tutar, H., Er, H., Gönülal, E., Çelik, Ş., & Farooq, M. (2025b). Optimizing Irrigation Strategies for Sorghum× Sudangrass Hybrid on Ethanol Yield, Water Use Efficiency, and Drought Adaptation in Semi-Arid Regions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-14.
- Wu, J., Zhang, X., Ju, Z., Wang, L., Hui, Z., Mayilvahanan, K., ... & Yu, G. (2021). From fundamental understanding to engineering design of high-performance thick electrodes for scalable energy-storage systems. *Advanced Materials*, 33(26), 2101275.
- Wu, P., He, Z., Yang, M., Xu, J., Li, N., Wang, Z., ... & Zhang, T. (2021). A review on flexible thermoelectric technology: material, device, and applications. *International Journal of Thermophysics*, 42(8), 111.
- Yao, Y., Sun, Y., Sun, D., Sang, C., Sun, M., Shen, L., & Chen, H. (2017). Optimization design and experimental study of thermoelectric dehumidifier. *Applied Thermal Engineering*, 123, 820-829.
- Yun, J. S., Choi, S., & Im, S. H. (2021). Advances in carbon-based thermoelectric materials for high-performance, flexible thermoelectric devices. *Carbon Energy*, 3(5), 667-708.
- Zhang, X., & Zhao, L. D. (2015). Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity. *Journal of Materiomics*, 1(2), 92-105.
- Zhukovskiy, Y. L., Batueva, D. E., Buldysko, A. D., Gil, B., & Starshaia, V. V. (2021). Fossil energy in the framework of sustainable development: analysis of prospects and development of forecast scenarios. *Energies*, 14(17), 5268.



ISBN: 978-625-378-369-3