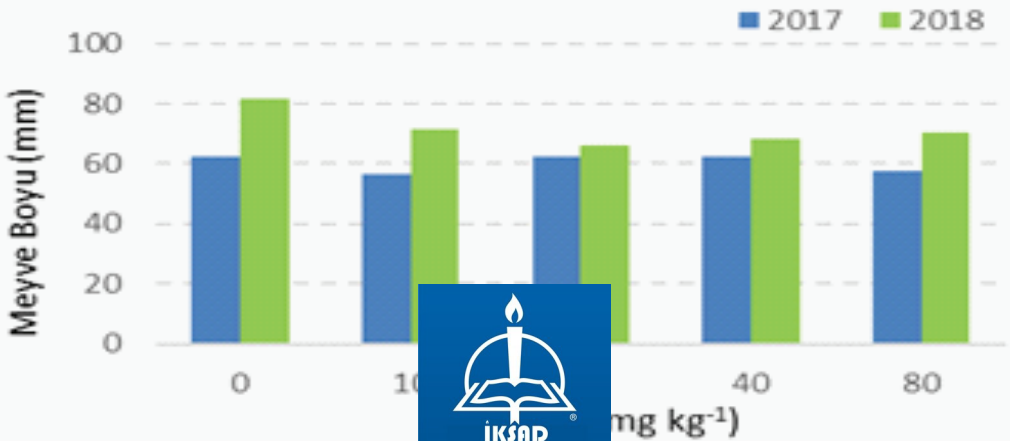
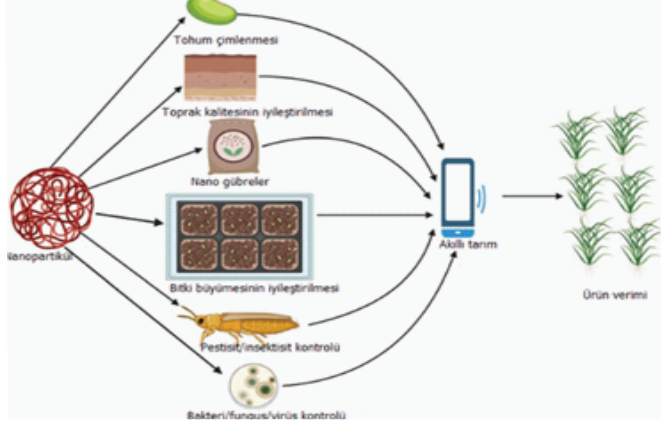


BAHÇE BİTKİLERİNDE İNOVASYON VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI

EDİTÖR

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR



BAHÇE BİTKİLERİNDE İNOVASYON VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI

EDİTÖR

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

YAZARLAR

Prof. Dr. Muharrem ERGUN

Prof. Dr. Sermin AKINCI

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Doç. Dr. Tuğba KILIÇ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Işıl SARAÇ SİVRİKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK

Dr. Selda DALER

Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK

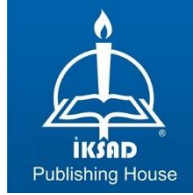
Öğr. Gör. Abdurrahman

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Ziraat Yüksek Müh. Vezir YILDIZ



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-378-069-2

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR.....1

BÖLÜM 1

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN NANOTEKNOLOJİ VE UYGULAMALARI

Arş. Gör. Dr. Ayşe YENİLMEZ.....3

BÖLÜM 2

DİJİTAL İKİZ (DT) TEKNOLOJİSİNİN BAĞCILIKTAKİ UYGULAMALARI

Dr. Selda DALER.....19

BÖLÜM 3

BİTKİ ISLAHINDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Doç. Dr. Tuğba KILIÇ.....53

BÖLÜM 4

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE HASAT SONRASI BAHÇE BİTKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK.....73

BÖLÜM 5

ÜZÜMSÜ MEYVELERDE SORUN OLAN DEPO HASTALIKLARI

Dr. Öğr. Üyesi Işıl SARAÇ SİVRİKAYA.....93

BÖLÜM 6

BAHÇE BİTKİLERİNDE POLİNASYON FAKTÖRÜ OLARAK KARASAL BÖCEK TÜRLERİNİN VERİMLİLİK POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK.....115

BÖLÜM 7

ERİK MEYVESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Muharrem ERGUN.....137

BÖLÜM 8

BAZI HORMON UYGULAMALARININ ASMA TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Ziraat Yüksek Müh. Vezir YILDIZ.....149

BÖLÜM 9

NİKEL (Ni) UYGULAMASININ KIRMIZIBİBERDE BAZI MEYVE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

Prof. Dr. Sermin AKINCI.....165

BÖLÜM 10

HÜNNAP MEYVESİNİN BESİN İÇERİĞİ VE KULLANIM ALANLARI

Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK.....187

BÖLÜM 11

BALARILARININ BAHÇE BİTKİLERİNİN VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY.....201

BÖLÜM 12

BAZI HORMON UYGULAMALARININ ASMA TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

Ziraat Yüksek Müh. Vezir YILDIZ.....219

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında tarımsal üretim, artan nüfus ve iklim değişikliği gibi küresel sorunların baskısı altındadır. Özellikle bahçe bitkileri, tarımsal çeşitlilik ve ekonomik değerleri açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, üretim verimliliğini artırırken çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için yenilikçi teknolojilere yönelmek kaçınılmaz hale gelmiştir.

Elinizdeki kitap, sürdürülebilir tarım ve bahçe bitkilerinin üretimiyle ilgili çok boyutlu bir yaklaşımı benimsemektedir. Nanoteknolojiden yapay zekâya, dijital ikiz uygulamalarından polinasyon ve arıcılığın verimlilik üzerindeki etkilerine kadar geniş bir yelpazede ele alınan bölümler, sektöre yön veren bilim insanlarının güncel çalışmalarını bir araya getirmektedir.

Bu kapsamda; nanoteknolojinin sürdürülebilir tarımdaki potansiyeli, iklim değişikliğinin hasat sonrası süreçlere etkisi, üzüksü türlerinde depo hastalıkları, erik meyvesinin farklı değerlendirme yöntemleri ve nikel gibi mikro besinlerin kırmızı biberdeki etkileri gibi konular detaylı bir şekilde işlenmiştir. Ayrıca, yapay zekâ ve dijital ikiz teknolojilerinin bitki ıslahı ve bağcılık gibi alanlarda sunduğu yeni olanaklar ele alınırken, tozlaşma faktörü olarak böcek türlerinin ve bal arılarının bahçe bitkilerindeki rolü de irdelenmiştir.

Bu kitabın, tarım bilimciler, ziraat mühendisleri, çiftçiler ve sürdürülebilir tarım alanında çözüm arayan tüm paydaşlar için ilham verici ve rehber niteliğinde bir kaynak olacağına inanıyoruz. Kitapta yer alan bölümler, okuyucuların hem teorik bilgilerini hem de pratik yaklaşımlarını zenginleştirecek bir içerik sunmaktadır.

Tarımın geleceğini inşa etme çabalarımıza katkı sağlayacak bu eserin hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlara ve okuyucularımıza teşekkür ederiz.

Sevgi ve saygılarımla,

EDİTÖR

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR

BÖLÜM 1
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN NANOTEKNOLOJİ VE
UYGULAMALARI

Arş. Gör. Dr. Ayşe YENİLMEZ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567654>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Van, Türkiye.

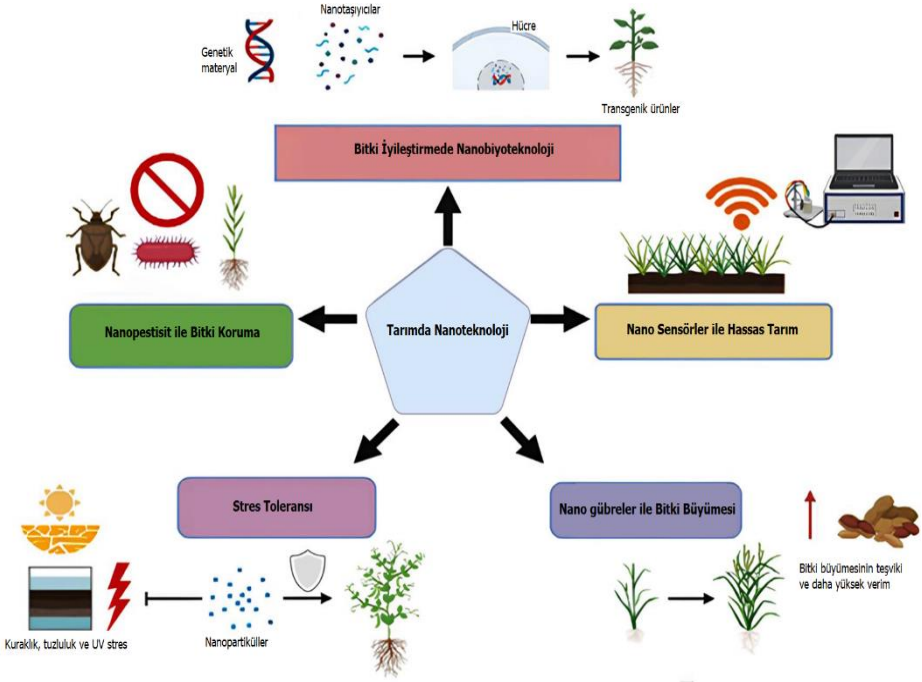
ayseyenilmez@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0200-9052

GİRİŞ

Tarım, gıda ve yem işletmelerinin hammaddelerini sağlaması nedeniyle önemli bir sektördür ve ekonominin temel direği olarak işlev görür. Günlük hayatımızda gıda, yakıt, mobilya, tekstil ve hammadde gibi çeşitli biçimlerde tarımsal ürünlerle karşılaşırız. Öte yandan, tarımsal verimlilik, kullanılabilir alan eksikliği, hastalıkların varlığı ve büyük bir nüfus için gıda güvenliğini sağlamak iklim değişikliği çağında tarım uzmanları için en büyük zorluklardandır. Bu nedenle tarımsal verimi artırmayı amaçlayan çağdaş teknolojilerin benimsenmesi gerekmektedir. Geçmiş dönemlerde, yeşil devrim tarım sektörünü büyük ölçüde canlandırmış ve beraberinde verimlilik, sürdürülebilirlik ve istikrar gibi faydalar getirmişti. Benzer şekilde, nanoteknoloji günümüzde tarım sektörünü de önemli ölçüde etkileyerek günümüz dünyasında en çok dönüşüm yaratan teknoloji haline gelmiştir. Kimyasal gübrelere ve tarımsal ürünlere aşırı bağımlılık, çeşitli pestisitlere, fungusitlere ve herbisitlere karşı patojenik direncin artması ve iklim değişikliği, tarım ve gıda sektörünü önemli ölçüde tehdit etmektedir (Mishra vd., 2017; Sangeetha vd., 2017). Çeşitli hastalıkların dünya çapında yayılması, ciddi iklim değişiklikleri ve tek ürün yetiştirme uygulamaları, tarım sistemini sürdürülemez, savunmasız ve daha az dayanıklı hale getiriyor (Lowry vd., 2019). Her yıl küresel olarak iki milyon tondan fazla pestisit kullanıldığı rapor edilmektedir. Bu yüzden, nanoteknoloji gibi yenilikçi yöntemler araştırmacılar ve çiftçilerin küresel boyutta tarımsal gıda işini geliştirmeleri için değerli bir araç görevi görmekte ve sürdürülebilir tarımsal genişlemenin hızını önemli ölçüde artırmaktadır (Singh vd., 2021).

Nanoteknoloji, günümüzde tarım sektöründe devrim yaratma potansiyeline sahip biyoloji, kimya, fizik, malzeme bilimi ve mühendisliğin rol oynadığı multidisipliner bir alandır. (Leso vd., 2019; Stefan ve Monchaud, 2019; Bayda vd., 2020). "Nanoteknoloji" kelimesi ilk olarak Profesör Taniguchi ve arkadaşları tarafından ortaya çıkarılmıştır. Nanoteknolojideki ilerlemeler, nanomalzemeleri doğru bir şekilde tanımlayabilen ve karakterize edebilen daha gelişmiş cihazların üretilmesine olanak sağlamıştır. Nanometre ölçeğindeki (10^{-9}) nanomalzemelerin biyolojik, fiziksel, elektriksel ve kimyasal özellikleri yığın malzemeye göre çok farklı özellik gösterir. 1–100 nm'lik boyut aralığındaki nanomalzemelerin geniş bir yüzey alanına sahip olması bu nanomalzemelere elektronik, tıp, eczacılık, mühendislik ve tarım gibi birçok farklı alanda kullanılabilme potansiyeli kazandırmıştır (Khan vd., 2019; Bayda vd., 2020). Birçok ülke tarıma bağımlı olduğundan, ürün

verimliliğini, gıdaların işlenmesini ve gıda güvenliğini iyileştirmek için nanoteknolojiyi etkin bir şekilde kullanmaya başlamışlardır. Tarım, birçok ülke için temel teşkil eder ve nüfusun önemli bir kısmı geçimini buna bağlı olarak sağlar. Nanoteknolojinin tarım alanındaki uygulamaları gelişmekte olan ülkeler için oldukça önemlidir. Nanoteknoloji yoluyla geliştirilen tarımsal ürünler, ürün maliyeti, etkinlik, tarım topluluğu tarafından kabul edilmesi, risk değerlendirmesi, pazar talebi, çevresel etkinlik ve kar marjları gibi çeşitli faktörlere dayanır (Ditta 2012; Sekhon 2014; Marchiol 2018; Prasad et al. 2017a, b). Tarım sektörü önümüzdeki yıllarda artan nüfus, azalan ekilebilir arazi, gübre ve pestisitlere yapılan yatırımlar, çevresel sorunlar ve haşere yönetimi gibi birçok sorunla uğraşmak zorunda kalacaktır. Nanoteknolojinin uygulanması, ürün verimliliğinin yanı sıra ürünlerin besin değerinin de iyileştirilmesine olanak tanıyarak bu sorunların çözülmesinde yardımcı olabilir. Suyun depolanmasından besin ve gübrelerin önceden belirlenmiş bir şekilde iletilmesine kadar nanomalzemeler tarım endüstrisinin çeşitli aşamalarında önemli bir rol oynar (Shang vd., 2019). Nanoemülsiyonlar, nanokapsüller, nanofiberler, nanotaşıyıcılar ve nanogözenekli membranlar kimyasallara olan ihtiyacı azaltır, böylece bitkilere ve ekosisteme verilen zarar korunur. Nanomalzemeler, bilim insanları ve araştırmacılar tarafından bilimsel alanın ihtiyaçlarını ve gerekli özellikleri karşılamak üzere tasarlanır ve üretilir (Singh vd., 2015a; b; Kah vd., 2019; Kah ve Kookana 2020; Sangeetha vd., 2017a).



Şekil 1: Nanoteknolojinin tarım sektöründeki kullanım alanları (Soni, 2024)

Tarımda kullanılan nanomalzemeler doğal kökenli veya sentetik partiküller olabilir (Hossain vd., 2020) Doğal nanomalzemeler, volkanik kül, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanus spreyi, radon gazının radyoaktif bozunumu, mineral kaynakları, asit maden drenajı ve metal içeren kayalar gibi olaylar yoluyla doğal olarak çevrede bulunur. Viral kapsid proteinleri, lotus bitkisinin mumsu kristalleri, örümcek ipeği, doğal kolloidler, boynuzsu madde, kuş tüyleri, kıl ve pençeleri içeren canlı organizmalar doğal nanomalzemeler olarak da işlev görür. Yaşadığımız doğa bizlere bitki ekstraktları, mikrobiyal ekstraktlar, sekonder metabolitler, süt, proteinler ve peptitler gibi hem makro hem de mikro nanopartiküller sunar (Griffin vd., 2018). Sentetik nanomalzemeler ise inorganik, organik veya yüzeyi modifiye edilmiş kombine malzemeler olarak tasarlanır. Bu kategoriye giren nanomalzemeler karbon nanotüpler, metal ve metal oksit nanopartiküller ve kuantum dotlardır. Bu nanomalzemelerin boyutu 1 ila 100 nm arasında değişmektedir. Bununla birlikte bu nanomalzemeler, yüzey alanı, parçacık boyutu, yüzey reaktivitesi, kaplamaların varlığı ve yüzey yükü nedeniyle benzersiz fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir (Sekhon vd., 2014; Pandey ve Jain, 2020; Yapılan araştırmalar, bitki türlerinin tasarlanmış

nanopartiküllere uzun süre maruz kalmasının fizyolojik, morfolojik ve genetik değişikliklere yol açtığını göstermiştir (Lv vd., 2019; Singh vd., 2021). Bu değişiklikler bitkinin beslenme durumunu, büyümesini ve ürün verimini etkileyebilir. Tablo 1. farklı tasarlanmış nanomalzeme kategorilerini ve bunların bitki gelişimi ve tarımsal verim üzerindeki etkilerini göstermektedir.

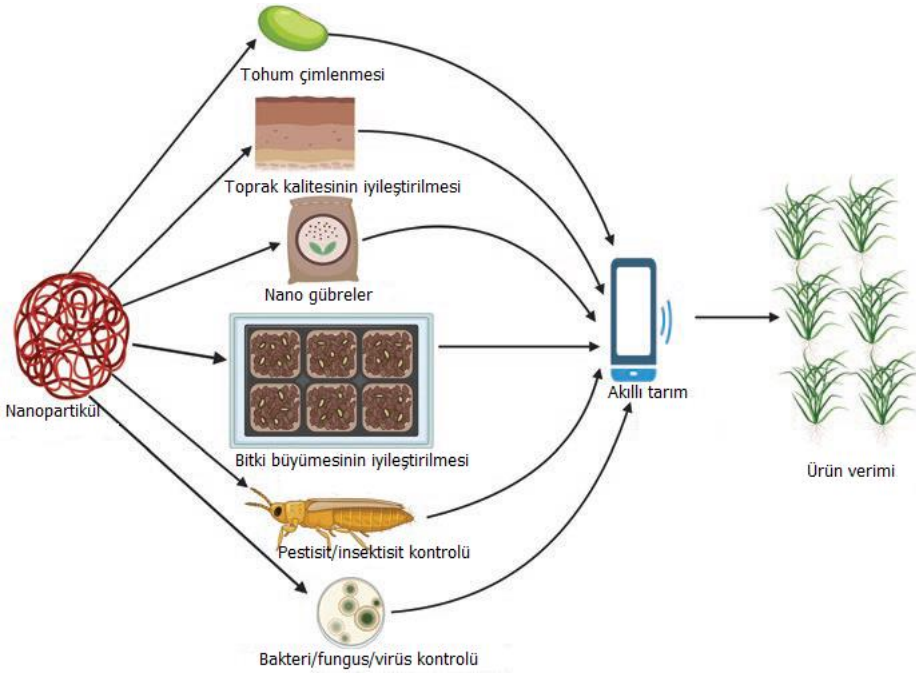
Tablo 1: Tasarlanmış Nanomalzemeler ve Tarım Alanındaki Uygulamaları

	Tasarlanmış Nanomateryal	Özellik	Tarım uygulaması	Referans
I.	İnorganik nanomalzemeler			
	Al	Nano gübre	Tohum büyümesi	Machado vd., (2015)
	Ag	Bitki büyüme düzenleyicileri	Tohum çimlenmesi, bitki büyümesinin uyarılması, antimikrobiyal aktivite	Huang vd., (2020), Ramkumar vd., (2024)
	Cu	Nano gübre pestisit, bakterisit	Bitki büyümesini teşvik eder, zararlıları kontrol eder, bakteri gelişimini engeller.	Kasana vd., (2016), El-Saadony vd., (2020), Ntasiou vd., (2021)
	Zn	Nano gübre	Metabolik aktivite için mikro besin, oksidatif stresin yönetimi, bitki büyümesini, tohum çimlenmesini, kök büyümesini destekler	Kasana vd., (2016) Keerthana vd., (2021), Ahmed vd., (2022),
	Si	Nano gübre	Bitki metabolik aktivitelerini düzenler	Bhat vd., (2021)
	CuO	Nano insektisidal	İnsektisitlerin kontrolü	Dimkpa vd., (2018)
	Fe ₃ O ₄	Nano gübre	Bitki büyümesini destekler	Jeyasubramanian vd., (2016)
	TiO ₂	Bakterisidal	Bakteriyel leke hastalığı	Mattiello ve Marchiol (2017)
	SiO ₂	Nano gübre	Tuz stresini azaltmak	Rastogi vd., (2019)
	MgO	Pestisit	Zararlıların kontrolü	Raliya vd., (2017)
	CdSe	Pestisit tespiti	Kuantum dotlar kullanılarak Triazophos'un tespiti.	Liao vd., (2019)
	Silikon kuantum	Fotosentez	Suda çözünen silikon kuantum noktaları	Li vd., (2020a, b)

	dotlar		marul bitkilerinde fotosentezi artırır	
II.	Organik nanomalzemeler			
	Fullerenler	Su tutma kapasitesi	C60 su tutma kapasitesini, biyokütle ve meyve verimini artırır.	Husen ve Siddiqi (2014)
	Nanotüpler	Karbon nanotüpler	Su tutma kapasitesi, biyokütle ve meyve verimi.	Husen ve Siddiqi (2014)
	Nanofiberler	İnsektisidal	Böcekleri kontrol altına almak ve erkek böcekleri çekmek için etkili bir şekilde seks feromonları salgılar.	Noruzi (2016)
III	Hibrit nanomalzemeler			
	İnorganik-inorganik	Metal-metal oksitler	Ağır metal iyonlarının tespiti ve ayrılması	Yang vd., (2019)
	Organik-inorganik	Manyetit-karbon nanokompozitler	homojenize edilmiş meyve örneklerinden fungusit kalıntılarını çıkarmak için adsorban olarak kullanılması	Meroni ve Ardizzone (2018)
	Organik-organik	Üre-hidroksiapatit nanomalzemeler	Azot salınımının yavaşlatılması	Kottegoda vd., (2017)

Tarımda nanopartiküller, bitki koruma, hastalık tespiti, böcek yönetimi, tarla suyu düzenlemesi, nano gübre uygulaması ve bitki güvenliği gibi tarımın pek çok alanında kullanılmaktadır. Özellikle nanosensörler, ürün veriminin ve bitki büyümesinin gerçek zamanlı izlenmesinde rol alarak sürdürülebilir tarımın kapılarını açmaktadır. Tarımın dijitalleşmesinin bir parçası olarak, hassas tarım veya uydu tarımı olarak bilinen bu tarım türü, günümüzde ürün koruma ve iyileştirme için yaygın olarak takip edilmektedir. Su, gübre, herbisit ve diğer hayati besinler gibi kaynakların ve girdilerin sürdürülebilir kullanımına vurgu yapan ve sürekli gelişen bir tarım tekniğidir. Hassas tarımda çevresel değişkenler izlenerek besin maddelerinin kontrollü bir şekilde salınması sağlanır. Nanobiyosensörler temel olarak nanomalzemelerden yapılmış sensörlerdir. Kimyasal, fiziksel ve biyolojik cihazların nano ölçekli sensörler olarak birlikte çalışması için

entegrasyonunun yapılması, tarımsal ve gıda sistemlerindeki eser miktarda bulunan kimyasal kirletici, virüs veya bakteriyi tespit etmek için önemli bir umut vaat etmektedir. Altın nanopartiküller, karbon nano tüpler ve kuantum noktalar nano biyosensörlerde şu ana kadar kullanılan nanopartiküllerden bazılarıdır. Biyokonjuge boya katkılı silikon nanopartiküller kullanılarak *E. coli*'nin tespiti, altın nanopartiküller kullanılarak *Salmonella typhi*'nin amperometrik tespiti ve karbon nanotüpler kullanılarak pestisitlerin elektrokimyasal tespiti geliştirilen nanosensörler ile yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Narayanan vd., 2013; Kwak vd., 2017). Bu nedenle, nanosensörlerin tarımda kullanımı geleneksel yöntemleri sürdürülebilir tarım için çevre dostu yaklaşımları ve enerji verimli prosedürleri içeren akıllı bir tarım sistemine dönüştürür.



Şekil 2: Nanopartiküllerin bitkiler üzerindeki etkisi (Indira vd, 2021)

Akıllı tarımda yer alan uygulamalar şunlardır:

- Nanosensörler, toprak pH'sını, nemi, besin gereksinimini, zararlıların tanımlanmasını ve pestisit kalıntılarını tespit etmek için kullanılır

ve kimyasalları çok düşük konsantrasyonlarda ve yüksek hassasiyetle tespit ederek sürdürülebilir tarım için daha kullanışlı hale getirir.

- Nanokil hibriti, azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi gübrelerin uygulanması için akıllı bir dağıtım sistemi olarak işlev görür ve gübreleri geleneksel gübrelere göre daha kademeli olarak serbest bırakır.

- Nanokompozitler, bitki sistemine kademeli ve düzenli bir şekilde besin maddelerinin salınmasını sağlayarak gübre ve tarım kimyasallarının iletimi için etkili mekanizmalar olarak kullanılmaktadır (Indira vd, 2021).

Nanoteknoloji ile üretilen nanotaşıyıcılar, nanokapsüller, nanofiberler, nanokompozitler, nanojeller ve nanoemülsiyonlar gibi nanoformülasyonlar, çeşitli bileşiklerin ve genlerin bitkinin çeşitli kısımlarına iletilmesi için kullanılır. Yine hassas tarımla entegre akıllı sensörler, çiftçilere tarım ürünlerindeki verimliliği artıracak daha iyi bir karar almaları için doğru ve kesin bilgiler sağlayarak çiftçilerin tarladaki tarım faaliyetlerini önceden planlayabilmesine olanak sağlar. Tarlaya yerleştirilen kablosuz nanosensörler, gerçek zamanlı veri sağlayarak pestisit, herbisit ve insektisit kullanımını en aza indirerek ürün verimini en üst seviyeye çıkarır. Gerekli olan miktarlar, bilgi teknolojisiyle bağlantılı sinyallere dayanarak kontrollü bir şekilde serbest bırakılır. Nanotaşıyıcılar, nanokapsüller, nanofiberler, nanokompozitler, nanojeller ve nanoemülsiyonlar gibi nanoformülasyonlar, çeşitli bileşiklerin bitkinin çeşitli kısımlarına iletilmesi için kullanılır (Chettri vd., 2024). Nanoteknolojinin tarım alanında kullanılan çeşitli uygulamaları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Nanoteknolojinin tarım alanındaki çeşitli uygulamaları

	Tarım uygulamaları	Referans
1.	Mikro besin temini	Predoi vd., (2020)
2.	Su yönetimi	Dasgupta vd., (2017)
3.	Toprak kalitesinin iyileştirilmesi	Hasan vd., (2020), Rajput vd., (2022)
4.	Nanogübreler	Solanki vd., (2015)
5.	Nanosensörler	Giraldo vd., (2019)
6.	Gen ifadesi ve düzenlemesinin analizi	Chun vd., (2018)
7.	Bitki büyüme düzenleyicilerinin uygulanması	Fincheira vd., (2020)
8.	Bitki hastalığı tespiti	Younas vd., (2020)
9.	Fungisit/herbisit/insektisitlerin uygulanması	Mehrazar vd., (2015)
10.	Zararlıların ve böceklerin yönetimi	Sabry ve Ragaai (2018)
11.	Hassas tarım	Anjum ve Pradhan (2018)
12.	Bitki büyümesinin uyarılması	Sanzari vd., (2019)
13.	Strese dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi	Zhao vd., (2020)

14.	Bitki verimliliğinin/ürün veriminin artırılması	Vuong (2019), Shang vd., (2019)
15.	Bitki besin maddelerinin güçlendirilmesi	Elemike vd., (2019)
16.	Hasat sonrası teknoloji	Sandeep vd., (2016), Ruffo Roberto vd., (2019)

SONUÇ

Tarımdaki teknolojik gelişmeler, nüfus artışı, iklim değişikliği ve sınırlı gıda kaynakları gibi dünya çapındaki zorlukların üstesinden gelmek için hayati önem taşımaktadır. Günümüzde "sürdürülebilir tarım" adı verilen kavram, çevre üzerinde olumsuz bir etki yaratmadan aynı mevcut dönüm alanını kullanarak tarımsal çıktıyı artırmayı amaçlamaktadır. Hiç şüphesiz ki nanoteknoloji tarım endüstrisinin birçok alanının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Nanoteknolojinin modern tarıma uygulanması, farklı yollarla destek ve ilerleme sağlayarak küresel ekonominin canlanmasına, küresel gıda üretiminin arttırılmasına ve tarımsal kimyasalların aşırı kullanımının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle nanoteknolojinin yakın gelecekte ürün verimini arttırıp sürdürülebilir tarıma yönelik daha akıllıca çözümler sunma potansiyeli bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ahmed, S., Qasim, S., Ansari, M., Shah, A. A., Rehman, H. U., Shah, M. N., & Datta, R. (2022). Green synthesis of zinc nanoparticles and their effects on growth and yield of *Pisum sativum*. *Journal of King Saud University-Science*, 34(6), 102132.
- Anjum, M., Pradhan, S. N., & Narayana Pradhan, S. (2018). Application of nanotechnology in precision farming: a review. *Ijcs*, 6(5), 755-760.
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2019). The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical–physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25(1), 112.
- Bhat, J. A., Rajora, N., Raturi, G., Sharma, S., Dhiman, P., Sanand, S., ... & Deshmukh, R. (2021). Silicon nanoparticles (SiNPs) in sustainable agriculture: major emphasis on the practicality, efficacy and concerns. *Nanoscale Advances*, 3(14), 4019-4028.
- Chettri, D., Verma, A. K., & Verma, A. K. (2024). Nanotechnology as an Emerging Innovation: Sources, Application in a Sustainable Agriculture and Environmental Analysis. *BioNanoScience*, 1-19.
- Chun, S. H., Yuk, J. S., & Um, S. H. (2018). Regulation of cellular gene expression by nanomaterials. *Nano convergence*, 5(1), 34.
- Dasgupta, N., Ranjan, S., & Ramalingam, C. (2017). Applications of nanotechnology in agriculture and water quality management. *Environmental Chemistry Letters*, 15, 591-605.
- Dimkpa, C. O., Singh, U., Adisa, I. O., Bindraban, P. S., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C. (2018). Effects of manganese nanoparticle exposure on nutrient acquisition in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 8(9), 158.
- Ditta, A. (2012). How helpful is nanotechnology in agriculture?. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 3(3), 033002.
- Elemike, E. E., Uzoh, I. M., Onwudiwe, D. C., & Babalola, O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9(3), 499.
- El-Saadony, M. T., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Fouda, M. M., Ajarem, J. S., N. Maodaa, S., ... & Elshaer, N. (2020). Ecofriendly synthesis and insecticidal application of copper nanoparticles against the storage pest *Tribolium castaneum*. *Nanomaterials*, 10(3), 587.
- Fincheira, P., Tortella, G., Duran, N., Seabra, A. B., & Rubilar, O. (2020). Current applications of nanotechnology to develop plant growth

- inducer agents as an innovation strategy. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(1), 15-30.
- Giraldo, J. P., Wu, H., Newkirk, G. M., & Kruss, S. (2019). Nanobiotechnology approaches for engineering smart plant sensors. *Nature nanotechnology*, 14(6), 541-553.
- Griffin, S., Masood, M. I., Nasim, M. J., Sarfraz, M., Ebokaiwe, A. P., Schäfer, K. H., ... & Jacob, C. (2017). Natural nanoparticles: a particular matter inspired by nature. *Antioxidants*, 7(1), 3.
- Hasan, M. K., Shopan, J., & Ahammed, G. J. (2020). Nanomaterials and soil health for agricultural crop production: current status and future prospects. *Nanomaterials for agriculture and forestry applications*, 289-312.
- Hossain, Z., Yasmeen, F., & Komatsu, S. (2020). Nanoparticles: synthesis, morphophysiological effects, and proteomic responses of crop plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3056.
- Huang, W., Yan, M., Duan, H., Bi, Y., Cheng, X., & Yu, H. (2020). Synergistic antifungal activity of green synthesized silver nanoparticles and epoxiconazole against *Setosphaeria turcica*. *Journal of Nanomaterials*, 2020(1), 9535432.
- Husen, A., & Siddiqi, K. S. (2014). Carbon and fullerene nanomaterials in plant system. *Journal of nanobiotechnology*, 12, 1-10.
- Indira, M., Krupanidhi, S., Venkateswarulu, T. C., Pallavi, G., & Peele, K. A. (2021). Current Aspects of Nanotechnology: Applications in Agriculture. *Biobased Nanotechnology for Green Applications*, 73-99.
- Jeyasubramanian, K., Thoppey, U. U. G., Hikku, G. S., Selvakumar, N., Subramania, A., & Krishnamoorthy, K. (2016). Enhancement in growth rate and productivity of spinach grown in hydroponics with iron oxide nanoparticles. *Rsc Advances*, 6(19), 15451-15459.
- Kah, M., & Kookana, R. (2020). Emerging investigator series: nanotechnology to develop novel agrochemicals: critical issues to consider in the global agricultural context. *Environmental Science: Nano*, 7(7), 1867-1873.
- Kah, M., Tufenkji, N., & White, J. C. (2019). Nano-enabled strategies to enhance crop nutrition and protection. *Nature nanotechnology*, 14(6), 532-540.
- Kasana, R. C., Panwar, N. R., Kaul, R. K., & Kumar, P. (2016). Copper nanoparticles in agriculture: biological synthesis and antimicrobial activity. *Nanoscience in Food and Agriculture* 3, 129-143.

- Keerthana, P., Vijayakumar, S., Vidhya, E. V. N. P., Punitha, V. N., Nilavukkarasi, M., & Praseetha, P. K. (2021). Biogenesis of ZnO nanoparticles for revolutionizing agriculture: A step towards anti-infection and growth promotion in plants. *Industrial Crops and Products*, *170*, 113762.
- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, *12*(7), 908-931.
- Kottegoda, N., Sandaruwan, C., Priyadarshana, G., Siriwardhana, A., Rathnayake, U. A., Berugoda Arachchige, D. M., & Amaratunga, G. A. (2017). Urea-hydroxyapatite nanohybrids for slow release of nitrogen. *ACS nano*, *11*(2), 1214-1221.
- Kwak, S. Y., Wong, M. H., Lew, T. T. S., Bisker, G., Lee, M. A., Kaplan, A., ... & Strano, M. S. (2017). Nanosensor technology applied to living plant systems. *Annual Review of Analytical Chemistry*, *10*(1), 113-140.
- Leso, V., Fontana, L., & Iavicoli, I. (2019). Biomedical nanotechnology: Occupational views. *Nano Today*, *24*, 10-14.
- Li, Y., Li, W., Zhang, H., Liu, Y., Ma, L., & Lei, B. (2020). Amplified light harvesting for enhancing Italian lettuce photosynthesis using water soluble silicon quantum dots as artificial antennas. *Nanoscale*, *12*(1), 155-166.
- Li, Y., Xu, X., Wu, Y., Zhuang, J., Zhang, X., Zhang, H., & Liu, Y. (2020). A review on the effects of carbon dots in plant systems. *Materials Chemistry Frontiers*, *4*(2), 437-448.
- Liao, Y., Cui, X., Chen, G., Wang, Y., Qin, G., Li, M., ... & Jin, M. (2019). Simple and sensitive detection of triazophos pesticide by using quantum dots nanobeads based on immunoassay. *Food and Agricultural Immunology*, *30*(1), 522-532.
- Lowry, G. V., Avellan, A., & Gilbertson, L. M. (2019). Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. *Nature nanotechnology*, *14*(6), 517-522.
- Lv, J., Christie, P., & Zhang, S. (2019). Uptake, translocation, and transformation of metal-based nanoparticles in plants: recent advances and methodological challenges. *Environmental Science: Nano*, *6*(1), 41-59.
- Machado, J. S., Steiner, F., Zoz, F., Honda, G. B., & Oliveira, B. L. N. (2015). Effects of aluminum on seed germination and initial growth of physic nut seedlings. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, *2*(1), 24-31.

- Marchiol, L. (2018). Nanotechnology in agriculture: new opportunities and perspectives. *New Visions Plant Sci*, 9(4), 161.
- Mattiello, A., & Marchiol, L. (2017). Application of nanotechnology in agriculture: Assessment of TiO₂ nanoparticle effects on barley. *Application of titanium dioxide*, 23-39.
- Mehrazar, E., Rahaie, M., & Rahaie, S. (2015). Application of nanoparticles for pesticides, herbicides, fertilisers and animals feed management. *International Journal of Nanoparticles*, 8(1), 1-19.
- Meroni, D., & Ardizzone, S. (2018). Preparation and application of hybrid nanomaterials. *Nanomaterials*, 8(11), 891.
- Mishra, S., Keswani, C., Abhilash, P. C., Fraceto, L. F., & Singh, H. B. (2017). Integrated approach of agri-nanotechnology: challenges and future trends. *Frontiers in plant science*, 8, 471.
- Narayanan, A., Sharma, P., & Moudgil, B. M. (2013). Applications of engineered particulate systems in agriculture and food industry. *KONA Powder and Particle Journal*, 30, 221-235.
- Noruzi, M. (2016). Electrospun nanofibres in agriculture and the food industry: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(14), 4663-4678.
- Ntasiou, P., Kaldeli Kerou, A., Karamanidou, T., Vlachou, A., Tziros, G. T., Tsouknidas, A., & Karaoglanidis, G. S. (2021). Synthesis and characterization of novel copper nanoparticles for the control of leaf spot and anthracnose diseases of olive. *Nanomaterials*, 11(7), 1667.
- Pandey, G., & Jain, P. (2020). Assessing the nanotechnology on the grounds of costs, benefits, and risks. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9, 1-10.
- Prasad, R. (Ed.). (2019). *Advances in the Understanding of Nanomaterials Research and Applications*. Springer.
- Prasad, R. (Ed.). (2019). *Plant Nanobionics: Volume 2, Approaches in Nanoparticles, Biosynthesis, and Toxicity*. Springer Nature.
- Predoi, D., Ghita, R. V., Iconaru, S. L., Cimpeanu, C. L., & Raita, S. M. (2020). Application of nanotechnology solutions in plants fertilization. *Urban horticulture-necessity of the future*, 9, 12-40.
- Rajput, V. D., Minkina, T., Ahmed, B., Singh, V. K., Mandzhieva, S., Sushkova, S., ... & Wang, B. (2022). Nano-biochar: A novel solution for sustainable agriculture and environmental remediation. *Environmental Research*, 210, 112891.

- Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C., & Biswas, P. (2017). Nanofertilizer for precision and sustainable agriculture: current state and future perspectives. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(26), 6487-6503.
- Ramkumar, S., Seethalaxmi, M., Rekha, T., Abiyoga, M., Baskar, V., & Sureshkumar, S. (2024). Biofortification of crops with nutrients by the application of nanofertilizers for effective agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108772.
- Rastogi, A., Tripathi, D. K., Yadav, S., Chauhan, D. K., Živčák, M., Ghorbanpour, M., & Brestic, M. (2019). Application of silicon nanoparticles in agriculture. *3 Biotech*, 9, 1-11.
- Ruffo Roberto, S., Youssef, K., Hashim, A. F., & Ippolito, A. (2019). Nanomaterials as alternative control means against postharvest diseases in fruit crops. *Nanomaterials*, 9(12), 1752.
- Sabry, A. K. H., & Ragaie, M. (2018). Nanotechnology and their applications in insect's pest control. *Nanobiotechnology applications in plant protection*, 1-28.
- Sandeep Duhan, S. D., Chander Bhan, C. B., Seema Chawla, S. C., & Shrikishan Bairwa, S. B. (2016). Role of nanotechnology in post harvest management of horticultural crops.
- Sangeetha, J., Thangadurai, D., Hospet, R., Purushotham, P., Karekalammanavar, G., Mundaragi, A. C., ... & Harish, E. R. (2017). Agricultural nanotechnology: concepts, benefits, and risks. *Nanotechnology: An Agricultural Paradigm*, 1-17.
- Sanzari, I., Leone, A., & Ambrosone, A. (2019). Nanotechnology in plant science: to make a long story short. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 120.
- Sekhon, B. S. (2014). Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanotechnology, science and applications*, 31-53.
- Shang, Y., Hasan, M. K., Ahammed, G. J., Li, M., Yin, H., & Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. *Molecules*, 24(14), 2558.
- Singh, A., Singh, N. B., Hussain, I., Singh, H., & Singh, S. C. (2015). Plant-nanoparticle interaction: an approach to improve agricultural practices and plant productivity. *Int. J. Pharm. Sci. Invent*, 4(8), 25-40.
- Singh, A., Tiwari, S., Pandey, J., Lata, C., & Singh, I. K. (2021). Role of nanoparticles in crop improvement and abiotic stress management. *Journal of Biotechnology*, 337, 57-70.

- Singh, H., Sharma, A., Bhardwaj, S. K., Arya, S. K., Bhardwaj, N., & Khatri, M. (2021). Recent advances in the applications of nano-agrochemicals for sustainable agricultural development. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23(2), 213-239.
- Singh, S., Singh, B. K., Yadav, S. M., & Gupta, A. K. (2015). Applications of nanotechnology in agricultural and their role in disease management. *Res J Nanosci Nanotechnol*, 5(1), 1-5.
- Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N., & Panwar, J. (2015). Nano-fertilizers and their smart delivery system. *Nanotechnologies in food and agriculture*, 81-101.
- Soni, S. K., Dogra, S., Sharma, A., Thakur, B., Yadav, J., Kapil, A., & Soni, R. (2024). Nanotechnology in Agriculture: Enhancing Crop Productivity with Sustainable Nano-Fertilizers and Nano-Biofertilizers. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-34.
- Stefan, L., & Monchaud, D. (2019). Applications of guanine quartets in nanotechnology and chemical biology. *Nature Reviews Chemistry*, 3(11), 650-668.
- Vuong, L. D. (2019). Nanoparticles for the improved crop production. *Nanotechnology for agriculture: crop production & protection*, 85-106.
- Yang, J., Hou, B., Wang, J., Tian, B., Bi, J., Wang, N., & Huang, X. (2019). Nanomaterials for the removal of heavy metals from wastewater. *Nanomaterials*, 9(3), 424.
- Younas, A., Yousaf, Z., Rashid, M., Riaz, N., Fiaz, S., Aftab, A., & Haung, S. (2020). Nanotechnology and plant disease diagnosis and management. *Nanoagronomy*, 101-123.
- Zhao, L., Lu, L., Wang, A., Zhang, H., Huang, M., Wu, H., & Ji, R. (2020). Nano-biotechnology in agriculture: use of nanomaterials to promote plant growth and stress tolerance. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(7), 1935-1947.

BÖLÜM 2
DIJİTAL İKİZ (DT) TEKNOLOJİSİNİN BAĞCILIKTAKİ
UYGULAMALARI

Dr. Selda DALER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567656>

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
Yozgat, Türkiye.

selda.daler@yobu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0422-1444

GİRİŞ

Küresel gıda taleplerinin hızla artması ve çevresel sürdürülebilirlik ihtiyacının giderek daha belirgin hale gelmesi, tarım sektörünü önemli zorluklarla karşı karşıya bırakmaktadır (Giller ve diğerleri, 2021). Tarımsal üretimin verimliliğini artırmak, aynı zamanda doğal kaynakları korumak ve iklim değişikliğine uyum sağlamak, modern tarımın başlıca hedeflerinden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, Dijital İkiz (Digital Twin, DT) teknolojisi, tarımın geleceğini dönüştürme potansiyeline sahip yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Hoang ve Tran, 2023). DT, fiziksel varlıkların veya sistemlerin sanal temsillerini oluşturarak, bu sistemlerin performansını gerçek zamanlı veri analizleri ve simülasyonlar aracılığıyla optimize etmektedir (Pires, Cachada, Barbosa, Moreira ve Leitão, 2019). Bu teknolojide, gerçek sistemlerden gelen veriler, DT'nin oluşturduğu modellerde analiz edilerek, süreçlerin iyileştirilmesi ve daha bilinçli kararlar alınması için kullanılmaktadır (Teng ve diğerleri, 2021). DT teknolojisi, endüstriyel üretim süreçlerinden enerji yönetimine, sağlık hizmetlerinden tarıma kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu uygulama alanları arasında tarım, özellikle akıllı tarım kavramının ön plana çıkmasıyla birlikte DT teknolojisinden büyük ölçüde faydalanan bir sektör haline gelmiştir (Pylianidis, Osinga ve Athanasiadis, 2021). Bu teknolojinin tarımsal uygulamaları, karar destek sistemlerinden proses optimizasyonuna, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasından ürün verimliliğinin artırılmasına kadar geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir (Pylianidis ve diğerleri, 2021; Ando, 2022; Zhang ve Zhao, 2023). Hassas tarım uygulamaları çerçevesinde DT'ler, tarımsal alanların sanal modellerini oluşturarak veri analitiği, makine öğrenimi ve gerçek zamanlı simülasyonlarla desteklenen karar verme süreçlerini iyileştirmekte ve kaynak yönetimini optimize etmektedir (Rathod ve diğerleri, 2017; Li ve diğerleri, 2023). Bu sanal modeller, üreticilerin mahsul döngülerini çevresel faktörlere göre simüle edebilmelerine ve bu doğrultuda daha bilinçli stratejik kararlar almalarına olanak tanımaktadır. DT'ler ayrıca, tarımsal yeniliklerin gerçek ürünler üzerinde test edilmeden önce sanal bir ortamda denenmesine imkan sağlayarak riskleri azaltmaktadır (Petrov, 2023). Ayrıca, tedarik zinciri yönetimi ve ürün izlenebilirliği konusunda da devrim yaratabilecek potansiyele sahip olan DT'ler, üretimden pazara kadar her aşamanın optimize edilmesine ve şeffaflığın artırılmasına olanak tanımaktadır (Gallego-García, Gallego-García ve García-García, 2023). Bu teknoloji,

tarımın yeniden şekillendirilmesi yolunda ilerlerken, verimlilik, sürdürülebilirlik ve karlılığı artırma potansiyeli taşımaktadır.

Tarım sektöründeki bu gelişmelerin önemli bir yansıması bağcılık alanında görülmektedir. Bağcılık, akıllı tarım uygulamalarının ilk benimsenmeye başladığı alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Kudryashova ve Casetti, 2021). Asmalar (*Vitis vinifera* L.), tarımsal ürünler arasında yüksek katma değer sunan ve dünya çapında önemli ekonomik değeri olan bitkilerdir. Bununla birlikte, asmaların büyüme ve gelişme süreçleri, iklimsel değişimlere son derece duyarlıdır. İklim değişikliği, bağcılıkta verim ve kalite üzerinde ciddi riskler oluşturmakta olup, bu durum üreticileri daha etkin ve sürdürülebilir tarımsal stratejiler geliştirmeye yönlendirmektedir (Fraga ve diğerleri, 2016). Bu bağlamda, DT teknolojisi, bağcılıkta verimlilik ve kaliteyi artırmak için önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. DT teknolojisinin bağcılıkta uygulanması, üreticilerin su yönetimi, gübreleme, zararlı kontrolü gibi temel tarımsal süreçleri daha hassas ve verimli bir şekilde yönetmelerine olanak tanımaktadır (Rasheed, San ve Kvamsdal, 2020; Sharma, Kosasih, Zhang, Brintrup ve Calinescu, 2022a). Özellikle iklim değişikliği gibi çevresel stres faktörleriyle başa çıkmak için geliştirilmiş simülasyonlar ve sanal modeller, üreticilere çevresel koşulları dikkate alarak daha bilinçli kararlar alma fırsatı sunmaktadır. DT'ler, asmaların morfolojik özelliklerini üç boyutlu analizlerle değerlendirerek, salkım sıklığı ve ürün kalitesi gibi kritik faktörlerin daha doğru ve objektif bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır (Xin, Liu ve Whitty, 2020). Üzüm verim ve kalitesi üzerinde etkili olan birçok değişkenin hassas bir şekilde ölçülmesine olanak tanıyan bu teknoloji, üreticilere daha sürdürülebilir ve verimli bir üretim stratejisi geliştirme imkanı sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, bağcılıkta DT teknolojisinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve bu teknolojinin sunduğu olanakları ele almaktır. Çalışma, DT'lerin bağcılıkta mahsul yönetimini iyileştirme, verim ve kalite tahminleri yapma, hastalık yönetimi stratejileri geliştirme gibi kritik uygulamalarda nasıl kullanıldığını incelemektedir. Özellikle asma morfolojisinin üç boyutlu DT modelleriyle analiz edilmesi, bağcılıkta geleneksel yöntemlere kıyasla daha objektif ve verimli değerlendirme süreçleri sunmakta olup, DT teknolojisinin bu alandaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, dijital teknoloji kullanımının bağcılıkta yaygınlaşması önünde bazı engeller bulunmaktadır. Altyapı eksiklikleri, yüksek maliyetler, teknik bilgi yetersizlikleri ve geleneksel yöntemlere

bağlılık bu engeller arasındadır. Çalışmada, bu zorlukların nasıl aşılabileceği ve dijital teknolojilerin bağıcılıkta daha geniş çapta uygulanabilmesi için izlenmesi gereken stratejiler ele alınmaktadır. DT teknolojisi, bağıcılık sektöründe hem verimlilik hem de kalite açısından önemli bir dönüşüm sağlayabilecek yenilikçi bir araç olarak değerlendirilmekte olup, gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

DİJİTAL İKİZLERİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER VE ARAÇLAR

Günümüzde, doğal nesnelerin DT'sinin oluşturulması sürecinde çeşitli sensör teknolojileri kullanılmakta ve bu sensörlerin performansı, hedef nesnenin tüm noktalarının mekansal dağılımını doğru bir şekilde tespit etmek açısından kritik bir öneme sahiptir. DT'nin yeniden yapılandırılması, her bir noktanın tahmini mesafesi ve konumunun hesaplanması ile gerçekleştirilir. Bu işlem, nesnenin dijital bir kopyasının elde edilmesini sağlamaktadır.

Dijital kopya oluşturma sürecinde en yaygın kullanılan sensörler arasında kızılötesi yapılandırılmış ışık kameraları, lazer tarayıcılar, standart RGB kameralar ve derinlik algılama yeteneğine sahip RGB kameralar bulunmaktadır (Marinello, Pezzuolo, Cillis ve Sartori, 2016; Rist ve diğerleri, 2018; Grilli, Battisti ve Remondino, 2021). RGB ve derinlik algılayabilen RGB kameralar, nesnenin gerçek rengini yakalamada da etkili olup, lazer tarayıcılara kıyasla daha ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Yüksek çözünürlüklü kameralar ise nesnelerin ince detaylarını daha iyi yakalayabilmektedir. Yeniden yapılandırma süreçlerinde, nesnelerin sanal ortama aktarılması genellikle algoritmalar içeren yapay sinir ağları ve ileri matematiksel modeller yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Gené-Mola, Sanz-Cortiella, Rosell-Polo, Escolà ve Gregorio, 2021).

Gerçek dünyadaki nesnelerin üç boyutlu modellerinin oluşturulmasında en yaygın kullanılan tekniklerden biri fotogrametridir. Fotogrametri, hareket yapılandırma tekniğine dayanarak, bir nesnenin farklı açılardan çekilmiş fotoğraflarını birleştirmekte ve kameraların konumları ile hedef nesnenin gerçek mesafelerini hesaplamaktadır. Bu teknikle oluşturulan dijital modeller, sanal ortama yansıtılarak nokta bulutları veya örgü biçiminde çıktılar elde edilmektedir. Nokta bulutu, dijital modeli oluşturan tüm noktaları temsil etmekte ve bu noktaların sayısı, kullanılan sensörlerin çözünürlüğüne ve veri işleme sırasında kullanılan işlemcilerin hesaplama gücüne bağlı olarak değişmektedir (Liu ve diğerleri, 2023). Örgü ise yüzeyin dış tepe noktalarının

çokgen bir ağ üzerinde birleştirilmesiyle oluşan bir temsil şeklidir. Fotogrametri, özellikle nesnelere ve çevresel senaryoların yapısına dayalı olarak dijital modellerin oluşturulmasında oldukça uygun bir yöntemdir. Schneider, Paulus ve Anders (2020), bu yöntemi kullanarak küme morfolojisini ve özelliklerini inceleyen laboratuvar deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, Herrero-Huerta, González-Aguilera, Rodríguez-González ve Hernández-López (2015) ile Rose ve diğerleri (2016), doğrudan sahada çekilen fotoğrafları kullanarak tarımsal verim bileşenlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Torres-Sánchez ve diğerleri (2021) ise bağcılıkta fotogrametri kullanarak üretilen nokta bulutlarını verim tahmini amacıyla incelemiştir.

Üç boyutlu bilgi elde etmek için kullanılan yöntemler, aktif ve pasif yöntemler olarak iki ana kategoriye ayrılabilir. Aktif yöntemler, sahneye ışık desenleri yayarak bu desenlerin davranışlarını analiz ederken, pasif yöntemler ise yalnızca çevresel ışığın nesne üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Yapısal ışık, aktif yöntemler arasında yaygın bir tekniktir (Udomkun, Nagle, Mahayothee ve Müller, 2014; Verdú ve diğerleri, 2013). Bu yöntemde, yüzeye ışık şeritleri projeksiyonu ile bu şeritlerin yüzeye keşişimi analiz edilmekte ve böylece yüzeyin üç boyutlu konumu hesaplanabilmektedir. Pasif yöntemler ise stereo fotogrametri gibi tekniklere dayanmaktadır (Cyganeck ve Siebert, 2011). Bu teknikte, yüzeyin biraz farklı konumlardaki iki görüntüsü alınmakta, ardından bu görüntülerdeki karşılık gelen özellikler eşleştirilmekte ve üç boyutlu yüzey üçgenleme yoluyla oluşturulmaktadır. Fotogrametrinin yapısal ışık yöntemine kıyasla avantajı, yüzeyin doğal görünümünün yakalanabilmesidir. Ancak bu yöntem, yüzeyde yeterince belirgin özelliklerin bulunmasını gerektirdiğinden sınırlamalar içerebilir.

Stereoskopi, diğer üç boyutlu analiz tekniklerine kıyasla daha basit ve düşük maliyetlidir, ancak bu tekniği tarımsal gıda denetimlerinde kullanan çalışmalar sınırlıdır. Bunun nedeni, stereo çiftlerdeki noktaların otomatik olarak eşleştirilmesinin görüntü analizinde oldukça zorlu bir görev olmasıdır. Bununla birlikte, buğday tanesi kalınlığını ölçen (Sun, Berman, Coward ve Osborne, 2007), somon balığının sertliğini tahmin eden (Quevedo ve Aguilera, 2010) ve elma dilimlerinin kurutma sürecinde hacimlerini ölçen (Sampson, Chang, Rupasinghe ve Zaman, 2014) bazı araştırmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda, kenar özelliklerinin kullanılması eşleştirme sorunlarının çözümüne katkı sağlamıştır.

DT teknolojisinin, tarımsal ekosistemlerdeki potansiyeli, Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları ile entegre edilmesi sayesinde daha da artmaktadır. Nem sensörleri, toprak nem sensörleri ve ışık sensörleri gibi IoT cihazları, gerçek zamanlı verileri DT sistemlerine aktararak üreticilere benzersiz doğruluk ve içgörüler sunmaktadır (Mishra ve Sharma, 2023). Bu yetenek, özellikle iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki belirsiz etkileriyle başa çıkmada değerli bir avantaj sağlamaktadır. DT teknolojisi, farklı senaryoları keşfetme ve proaktif stratejiler geliştirme fırsatı sunarak bağıcılığın gelecekteki zorluklara karşı daha dirençli bir yapıya kavuşmasını mümkün kılacak potansiyele sahiptir.

DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN HASSAS BAĞCILIKTAKİ UYGULAMALARI

DT teknolojisi, hassas tarımda önemli bir yenilik sunarak, üreticilerin tarımsal faaliyetlerini gerçek zamanlı olarak izlemelerine, potansiyel sorunları henüz ortaya çıkmadan tahmin etmelerine ve bu faaliyetlerin her aşamasını optimize etmelerine olanak tanımaktadır. Hassas tarım, ürün yönetimini spesifik alanların gereksinimlerine göre optimize etmeyi hedefleyen bir yöntemdir ve bilgi teknolojileri, veri analitiği ile desteklenmektedir (John ve diğerleri, 2023). Bu yaklaşımın temel amacı, tarımsal karlılığı ve sürdürülebilirliği artırmak ve aynı zamanda çevresel etkileri minimize etmektir (Schieffer ve Dillon, 2015). DT teknolojisi, fiziksel yetiştirme alanlarının ayrıntılı sanal modellerini oluşturarak, daha bilinçli ve veri odaklı karar alma süreçlerine olanak tanımaktadır (Rasheed ve diğerleri, 2020; Tsakiridis, Samarinas, Kalopesa ve Zalidis, 2023). Bu teknoloji, geleneksel tarımı daha hassas, verimli ve ekolojik sürdürülebilirliği gözeten bir yapıya dönüştürmektedir (Rathod ve diğerleri, 2017; Dyck, Hawley, Hildebrand ve Paliwal, 2023).

DT teknolojisinin tarımsal uygulamalardaki başlıca katkılarından biri, uydu görüntüleri, tarımsal alanlardaki sensör verileri, hava durumu tahminleri ve tarihsel mahsul performansı gibi çoklu veri kaynaklarının entegre edilmesiyle ortaya çıkan çok yönlü veri analizleridir (Lin, 2023). Bu veriler, tarım alanındaki koşulların gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır (Patil ve diğerleri, 2023). Bu sayede üreticiler, simülasyonlarla olası tarımsal zorlukları öngörebilir, üretim takvimlerini optimize edebilir ve her parselin özgün gereksinimlerine uygun stratejiler geliştirebilirler (Verdouw, Tekinerdogan, Beulens ve Wolfert, 2021). Bu yaklaşımlar, ürün verimliliğinin artırılması ve atıkların azaltılması açısından

büyük katkı sağlamakta ve aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlama noktasında etkin bir rol oynamaktadır (Shafiee-Jood ve Cai, 2016). Örneğin, Napa Vadisi'ndeki şarap üreticileri, DT teknolojisini kullanarak üzüm bağlarını hassas bir şekilde yönetmiş, her bir asma için su ve besin kullanımını optimize ederek üzüm kalitesini artırmış ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmiştir (Edemetti ve diğerleri, 2022; Sigala, 2023). Bu hem çevre dostu hem de yüksek verimli bir üretim sağlamak açısından önemli bir adımdır. Özellikle kuraklık ve iklim değişikliği gibi faktörlerin bağıcılığı tehdit ettiği bir dönemde, dijital teknolojilerin sunduğu bu tür çözümler büyük önem taşımaktadır.

DT, toprak sağlığının izlenmesi ve iyileştirilmesi konusunda da önemli bir role sahiptir. Gelişmiş toprak sensörlerinden alınan verilerin entegrasyonu ile toprak nem içeriği, pH seviyeleri, besin profilleri ve sıcaklık gibi kritik parametreler hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmektedir (Peladarinos ve diğerleri, 2023; Tsakiridis ve diğerleri, 2023). Bu veriler, su, gübre ve pestisit uygulamalarının daha hassas ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olmakta, böylece çevresel etkiler minimize edilmekte ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı desteklenmektedir (Peladarinos ve diğerleri, 2023; Shamia, Suganyadevi, Satheeswaran ve Balasamy, 2023).

Ayrıca, DT teknolojisi tarımda kaynak tahsisi ve sürdürülebilirlik konularında da başarılı sonuçlar elde etmektedir (Annepanavar ve Gopalakrishnan, 2021). DT, sulama sistemlerinin optimize edilmesine ve su kullanımının azaltılmasına katkıda bulunmakta, gübre ve pestisit uygulamalarını hassas bir şekilde yöneterek çevresel kirliliği azaltmaktadır (Nie, Wang, Li ve Chao, 2022). Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal süreçlere entegrasyonunu da desteklemekte; örneğin, güneş panelleri gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla tarımda ekolojik ayak izinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Rahman, Khan, Field, Techato ve Alameh, 2022).

Bağıcılık sektörü giderek artan küresel zorluklarla karşı karşıya kaldıkça, DT, üretkenliği artırma, sürdürülebilirliği teşvik etme ve iklim değişikliğine karşı tarımsal sistemleri dirençli hale getirme konusunda önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. DT teknolojisi, geleneksel bağıcılığın karmaşıklıklarını modern teknolojinin gücü ile birleştirerek dönüştürücü bir çözüm sunmaktadır. Bu teknoloji, bağıcılık faaliyetlerinin verimliliğini

artırırken, çevresel sürdürülebilirliği sağlama noktasında kritik bir rol üstlenmektedir.

DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUMDAKİ ROLÜ

DT teknolojisi, tarım sektöründe iklim değişikliği ile başa çıkmada hassas ve dirençli bir yaklaşım sunmaktadır. DT'ler, tarihsel iklim verilerini, güncel hava gözlemlerini ve gelişmiş modelleri kullanarak iklim değişikliğinin tarım üzerindeki potansiyel etkilerini gösteren ayrıntılı simülasyonlar üretmektedir (Wang ve diğerleri, 2023). Bu simülasyonlar, sıcaklık, yağış ve aşırı hava koşullarındaki değişimlerin ürün verimliliği, su kaynakları ve toprak sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin pratik bilgiler sağlamaktadır (Henriksen ve diğerleri, 2022; Lin, 2023). Özellikle sıcaklık ve yağış eğilimlerinin su mevcudiyeti ve bitki stresi üzerindeki etkilerini simüle ederek, üreticilerin sulama stratejilerini optimize etmelerine ve kaynak israfını azaltmalarına olanak tanımaktadır (Nasirahmadi ve Hensel, 2022).

DT'ler yalnızca tarımsal sonuçları tahmin etmekle kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliğinden kaynaklanan zorluklara karşı özel stratejiler geliştirmeye de yardımcı olmaktadır. Bu teknoloji, tarım paydaşlarına ürün seçimi ve yenilikçi su yönetimi teknikleri konusunda bilinçli kararlar almalarını sağlamaktadır. Örneğin, bağcılıkta DT'ler, toprak sensörleri ve meteorolojik verileri analiz ederek sulama ve besin uygulamalarını optimize etme amacıyla kullanılmaktadır. Bu teknoloji, yüksek kaliteli üzüm üretimini desteklemenin yanı sıra, doğal kaynakların korunmasına da katkıda bulunmaktadır. Bağlarda DT teknolojisinin uygulanması, üzüm kalitesinde %15 artış ve su kullanımında %20 azalma gibi önemli iyileşmeler sağlamıştır (Bellvert ve diğerleri, 2023). Bu sonuçlar, DT teknolojisinin tarımsal ortamlardaki pratik faydalarını ve uygulama potansiyelini açıkça göstermektedir. Özellikle su yönetimi alanında DT'ler, su kıtlığı yaşayan bölgeler için değerli çözümler sunmaktadır. DT'ler, su akışı ve bitki emilimini simüle ederek verimli sulama stratejileri geliştirilmesine yardımcı olmakta, böylece suyu koruyarak toprak erozyonunu ve yüzey akışını azaltmaktadır (Khebbache, Merizig, Rezeg ve Lloret, 2023). Bu, sadece ekolojik dengenin korunmasına katkı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda doğal su kaynaklarının muhafaza edilmesini de teşvik etmektedir. Örneğin, Hindistan'da DT'lerin kullanımıyla iyileştirilmiş sulama yönetimi üzerine yapılan çalışmalar, hava tahminleri ve toprak nem verilerini kullanarak üreticilerin su tasarrufu sağlayan ve mahsul verimliliğini %18 oranında artıran

stratejiler geliştirebildiklerini göstermiştir (Manocha, Sood ve Bhatia, 2024). Bu bulgular, DT teknolojisinin kaynakların kısıtlı olduğu tarımsal alanlardaki uygulanabilirliğini göstermektedir. Faluomi (2023) tarafından geliştirilen DT modeli, İtalya'nın Toskana bölgesindeki üç farklı bağda (Montecarlo di Lucca, Terricciola ve Tuoro) su stresinin üzüm ve şarap üretimi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla test edilmiştir. Çalışmada, meteorolojik veriler, toprak bilgileri ve bitkisel parametreler kullanılarak, farklı iklim senaryolarının asma gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendiren bir matematiksel model oluşturulmuştur. Geliştirilen DT modeli, vejetatif büyüme, yaprak alanı, sürgün uzunluğu, salkım ağırlığı ve şeker/asit dengesini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada, geliştirilen modelin tahmin doğruluğunun %20 ile %35 arasında değiştiği ve bu parametrelerin güvenilir bir şekilde simüle edilebildiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, modelin toprak su içeriği gibi kritik verilerin eksikliği nedeniyle sınırlamaları bulunduğu, bu eksikliklerin giderilmesi için daha fazla test yapılmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu sanal modeller, toprak sağlığı ve biyolojik çeşitliliği korumak amacıyla organik gübreleme ve entegre zararlı yönetimi gibi sürdürülebilir uygulamaları da desteklemektedir (Knox ve diğerleri, 2023).

Politika yapıcılar ve tarımsal planlamacılar da DT'lerden faydalanabilir. Bu simülasyonlar, iklim değişikliğinin gıda güvenliği, tedarik zincirleri ve tarım topluluklarının ekonomik sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için geniş bir perspektif sunmaktadır (Melesse ve diğerleri, 2024). DT'ler, etkin kaynak tahsisi ve afet azaltma stratejileri hakkında bilgi sağlayarak ulusal tarım politikalarının şekillendirilmesine katkıda bulunabilir. Bu durum, uzun vadeli sürdürülebilirlik ve dirençlilik için kritik öneme sahiptir (Ghandar ve diğerleri, 2021). Ancak, tarımda DT'lerin benimsenmesi, özellikle teknolojiye erişimin sınırlı olduğu veya düşük dijital okuryazarlığa sahip bölgelerde çeşitli zorluklar yaratmaktadır (Sazili Shahibi ve diğerleri, 2023). Bu engellerin aşılması, altyapıya yönelik yatırımlar ve dijital okuryazarlığın artırılması ile mümkündür (John ve diğerleri, 2023). Hükümetler, teknoloji sağlayıcıları ve tarım toplulukları arasında işbirliği yapılarak DT'lerin benimsenmesi teşvik edilebilir (Botín-Sanabria ve diğerleri, 2022). Bu şekilde, DT'ler tarımsal sistemlere etkili bir şekilde entegre edilerek, iklim değişikliği karşısında daha verimli, sürdürülebilir ve dirençli bir gelecek inşa edilebilir. İklim değişikliğine uyum sağlamanın yanı sıra, DT teknolojisi kaynak kullanımını optimize ederek ve israfı azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırmada da önemli bir rol oynamaktadır.

DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİYLE SALKIM MORFOLOJİSİNİN İNCELENMESİ VE ÜZÜM ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Vitis vinifera L. çeşitlerinin sınıflandırılması, asmanın birçok morfolojik özelliğinin ayrıntılı bir şekilde gözlemlenmesini ve değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu süreçte, özellikle salkım morfolojisi, *V. vinifera* L. çeşitlerini ve aynı çeşide ait farklı klonları ayırt etme açısından kritik bir öneme sahiptir (Zanchin ve diğerleri, 2024). Salkım uzunluğu, genişliği, pedikül uzunluğu, salkım şekli, sıklığı ve kanat sayısı gibi özellikler, Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü tarafından önerilen temel tanımlayıcılar (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin [OIV], 2009). Ancak bu tür özelliklerin görsel değerlendirilmesi, yüksek nitelikli bir değerlendirici gerektiren öznel bir süreçtir ve zaman alıcıdır (Rist ve diğerleri, 2018). Bu nedenle, birçok araştırmacı, insan hatasını en aza indirmek için nesnel yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Gatti, Bernizzoni, Civardi ve Poni, 2012; Palliotti, Gatti ve Poni, 2011; Tello ve Ibáñez, 2014, 2018). Bu doğrultuda, sensör teknolojileri ve dijital morfoloji analiz teknikleri önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Tello ve Ibáñez (2014), OIV tanımlayıcılarına dayalı alternatif ölçüm yöntemleri ve indeksler önermiş, diğer araştırmacılar ise görüntü analizine dayalı olarak OIV tanımlayıcılarını ve salkım sıklığını tahmin etmeye yönelik yöntemler geliştirmiştir (Chen ve diğerleri, 2018; Underhill, Hirsch ve Clark, 2020; Lopes ve Cadima, 2021). Örneğin, Palacios, Diago ve Tardaguila (2019), yapay zeka ve iki boyutlu (2D) görüntü analizine dayalı olarak doğrudan sahada salkım sıklığını değerlendiren yenilikçi bir metodoloji sunmuştur. Benzer şekilde, diğer araştırmacılar dijital model analizleri ile salkım sıklığını daha kesin bir şekilde değerlendirmek için mevcut özelliklerin sayısını artırmıştır (Xin ve diğerleri, 2020). Bu analizler, salkımların dijital rekonstrüksiyonları aracılığıyla elde edilen nokta bulutlarının mekansal dağılımına dayanmakta olup, her bir noktanın salkımın gerçek şeklini ve morfolojisini yansıttığını göstermektedir (Herrero-Huerta, Tardy, Morcillo ve Gonzalez-gonzalez, 2022). Bu yaklaşımlar, geleneksel OIV tanımlayıcılarına kıyasla daha etkili bir tahmin tekniği sunmaktadır (Rist ve diğerleri, 2019; Tello ve diğerleri, 2016). Ayrıca, lazer tarayıcılar ve derinlik kameraları gibi teknolojiler, salkım şeklinin tam olarak yeniden yapılandırılmasına olanak sağlamaktadır (Marinello ve diğerleri, 2016; Rist ve diğerleri, 2018).

Literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı, 2D veya görsel analizler üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu yöntemlere ek olarak bir mekansal boyut eklemek, salkım morfolojisine dair elde edilebilecek bilgi miktarını artırmaktadır (Zanchin ve diğerleri, 2023). Üç boyutlu (3D) analizler sayesinde, *Vitis* türlerinin morfolojik yapısının daha derinlemesine incelenmesi, fenotiplendirilmesi ve sınıflandırılması mümkün hale gelmiştir (Schöler ve Steinhage, 2015; Xin ve diğerleri, 2020; Mack ve diğerleri, 2018; Chen ve diğerleri, 2018). Araştırmalar, 3D analizlerin, 2D veya görsel analizlere göre daha ayrıntılı bilgi sunduğunu ve DT analizlerinin salkım morfolojisini değerlendirmek için uygun olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle hacim, yüzey alanı ve tanelerin mekansal dağılımı gibi parametreler, 3D tekniklerin sağladığı güçlü veriler arasında yer almaktadır. Nesnel ve sağlam indekslerin kullanılması, insan hatalarını azaltarak daha doğru ve tutarlı değerlendirmelerin yapılmasına olanak tanımaktadır (Gatti ve diğerleri, 2012; Intrieri, Filippetti, Allegro, Centinari ve Poni, 2008; Palliotti ve diğerleri, 2011; Tello ve Ibáñez, 2014). Ayrıca, bu yaklaşımlar aynı çeşit içerisindeki klonları ayırt etme konusunda da etkin sonuçlar sağlamaktadır (Rist ve diğerleri, 2019). Örneğin, Tello ve diğerleri (2016), asma salkım sıklığını daha doğru bir şekilde tanımlamak amacıyla üç boyutlu özelliklerin tanımlanması konusunda başarılı sonuçlar elde etmiştir. 3D analizlere dayalı derinlemesine salkım morfolojisi çalışmaları, çeşitli sayısal tanımlayıcıların ve indekslerin elde edilmesine olanak tanımaktadır. Bu ölçümler ve indeksler, salkım morfolojisini değerlendirmek ve sınıflandırmak için matematiksel modellerde kullanılabilen, objektif eşik değerlerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır (Cubero ve diğerleri, 2015). Zanchin ve diğerleri (2023)'nın İtalya'nın kuzeydoğusunda, Veneto bölgesinde yürüttükleri çalışma, yedi farklı *Vitis vinifera* L. çeşidi (Cabernet Sauvignon, Carménère, Merlot, Pinot Gris, Pinot Noir, Raboso Piave ve Raboso Veronese) arasında salkım morfolojisi açısından önemli farklılıkları belirlemek için DT teknolojisini ve 3D analiz yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmalarında, her çeşitten hasat zamanında 45 salkım örneklenmiş ve OIV standartlarına göre sınıflandırılmıştır. Salkımların fotoğrafları, standart bir RGB kamera kullanılarak çekilmiş ve DT fotogrametri tekniği ile oluşturulmuştur. Ayrıca, beş yatay ve iki dikey kesit alınarak, çevre, alan, eksen uzunluğu ve çevrelendiği çember gibi parametreler ölçülmüştür. Çeşitler arasındaki farklılıkları izole etmek amacıyla hiyerarşik kümeleme ve varyans analizi uygulanmış; tahmin edilen hacim, dikey kesit boyutu ve yatay kesitlerin boyutları, salkım morfolojisini tanımlamada en belirgin özellikler olarak öne

çıkıştır. Dolayısıyla, gerçekleştirilen araştırmalar, üzüm çeşitlerinin morfolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasının, özellikle dijital teknolojiler ve yeni analiz yöntemlerinin kullanımıyla mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİYLE BAĞCILIKTA VERİM ve KALİTE TAHMİNİ

DT teknolojisi, tarımda özellikle bağcılık gibi ürün odaklı üretim alanlarında giderek artan bir şekilde ilgi görmekte ve uygulanmaktadır. Bağcılıkta DT teknolojisinin kullanımının artması, özellikle verim ve kalite tahminlerinde daha isabetli sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Tarımsal uygulamalar ve çevresel faktörler, bağcılıkta karbon dengesi üzerinde değişiklikler yaratarak salkım büyüklüğü, verim ve kalite üzerinde farklı seviyelerde etkiler oluşturabilmektedir (Deloire, Carbonneau, Wang ve Ojeda, 2004; Poni ve diğerleri, 2018). Bu nedenle, bağcılıkta ürün verimi ve kalite tahminleri, yetiştiricilerin bağ yönetim süreçlerini optimize edebilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ancak mevcut endüstri standartları, sınırlı sayıda örnek alınarak ve genellikle ekstrapolasyon yöntemleri kullanılarak tahminlerin yapıldığı bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu yöntemler hem yüksek maliyetlidir hem de büyük bağ alanlarında doğruluğu sınırlı kalabilmektedir.

Nuske, Achar, Bates, Narasimhan ve Singh (2011), bağcılıkta verim tahminine yönelik önemli bir çalışmada, üzüm salkımı boyutlarını radyal özelliklerine dayalı olarak hesaplayan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, bilgisayarla görme teknolojisi kullanarak üzüm tanelerini tespit eden ve sayan otomatik bir sistem sunmaktadır. Yöntem, geniş bağ alanlarında yıkıcı olmayan bir şekilde ölçüm yapılmasına olanak tanıyarak daha doğru verim tahminlerine imkan sağlamıştır. Çalışmalarının sonuçları, verim tahminlerinin doğruluğunu artırmak için bilgisayarla görme teknolojisinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Benzer bir çalışmada, Roscher ve diğerleri (2014), bağda çekilen görüntülerde potansiyel salkımları tespit etmek için koşullu rastgele alan teknolojisini kullanmış ve asmaları 'salkım içeren' veya 'içermeyen olarak sınıflandırmıştır. Çalışmada, salkımların büyüklüğünü ve verim potansiyelini belirlemek için görüntülerden elde edilen veriler kullanılarak tahminlerde bulunulmuştur. Bu teknoloji, verim tahminlerinde doğruluğu artıran bilgisayarla görme teknolojilerinin başka bir örneğidir. Primicerio ve diğerleri (2017), insansız hava aracı (UAV) kullanarak bağ alanlarında bireysel asmaları tanımlamak için bir metodoloji geliştirmiştir. Bu metodoloji, RGB görüntülerinde piksel eşik kümeleme

yöntemini kullanarak eksik bitkileri tespit etmektedir. UAV görüntüleme sayesinde geniş bağ alanlarında eksik bitkilerin belirlenmesi, bağ yönetiminin optimize edilmesine katkıda bulunmuştur. Ancak, bu çalışma sırasında elde edilen veriler operasyonel süreçlerde (örneğin toprak işleme) henüz tam anlamıyla uygulanmamıştır. Yine de bu tür yöntemler, DT teknolojisinin bağıcılığa nasıl entegre edilebileceğini göstermesi açısından büyük önem taşımaktadır. Pantano ve diğerleri (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, asmaların yaşam döngüsünü izlemek ve DT oluşturmak için otonom bir araç üzerine monte edilmiş stereo kameralar kullanılarak veri toplama ve analiz süreçleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bilgisayarla görme ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak, asmaların tespiti iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. İlk yöntem geleneksel bilgisayarla görme algoritmalarını (Hough Dönüşümü) kullanırken, ikinci yöntem YOLO algoritmasıyla makine öğrenimi uygulamıştır. Sonuçlar, geleneksel bilgisayarla görme algoritmalarının sabit referansları tespit etmekte daha başarılı olduğunu, ancak makine öğrenimi yaklaşımının yıl boyunca bitkilerin değişen durumlarını tespit etmede daha etkin olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, DT teknolojisinin, bağıcılıktaki farklı süreçlere uyarlanabileceğini ve yönetim stratejilerinin iyileştirilmesinde önemli bir araç olabileceğini göstermektedir.

Üzüm kalitesi değerlendirilirken, fiziksel müdahale gerektiren analizlerin yanı sıra uzmanların büyük ölçüde öznel yargılarına dayanan değerlendirmeler yapılmaktadır. Ancak bu yaklaşım, nesnellikten uzak olmakta ve değerlendirme sürecinin doğruluğunu sınırlamaktadır (Ivorra, Sánchez, Camarasa, Diago ve Tardaguila, 2015). Günümüzde, nesnelliği artırmak ve kalite tahminlerini otomatikleştirmek için bilgisayarla görme teknolojilerine dayalı çözümler geliştirilmektedir (Tello ve Ibáñez, 2014; Roscher ve diğerleri, 2014). Tarım sektöründe 2D görüntüleme sistemleri yaygın olarak kullanılmakta olup, bu teknolojinin başarısı birçok alanda kanıtlanmıştır (Brosnan ve Sun, 2004; Diago, Sanz-Garcia, Millan, Blasco ve Tardaguila, 2014). Son yıllarda 3D sensör teknolojisindeki ilerlemeler ise, özellikle bağıcılık sektöründe kalite değerlendirmesi için yeni fırsatlar yaratmaktadır. 3D görüntüleme teknolojisi sayesinde, üzüm salkımlarının morfolojik özellikleri daha doğru bir şekilde ölçülebilmekte ve üzüm kalitesinin daha etkin bir şekilde tahmin edilmesi sağlanmaktadır. Örneğin, Kaliforniya şarap üretim bölgelerinde DT teknolojisi, bağıcılık süreçlerinin yönetimini rafine etmekte ve kalite artışı sağlamaktadır. Toprak sensörleri ve hava durumu istasyonlarından elde edilen veriler, üreticilerin sulama, hasat ve

diğer tarımsal faaliyetler için en uygun zamanları belirlemelerine yardımcı olmaktadır (Claude Chapuis, 2017; Giroto, Galeazzi, Manenti, Gueguen ve Piazza, 2022; Faluomi, 2023). DT teknolojisinin bu şekilde kullanımı, üzüm kalitesini %10 oranında artırırken kaynak kullanımını %12 oranında iyileştirmiştir. Bu durum, DT teknolojisinin sadece verim tahminlerinde değil, aynı zamanda kaynak yönetimi ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından da büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Giroto ve diğerleri, 2022). Ivorra ve diğerleri (2015) tarafından gerçekleştirilen bir araştırma, İspanya'daki Vitis Navarra Fidanlığı'ndan toplanan on farklı kırmızı üzüm çeşidinden oluşan 100 üzüm salkımının 3D modellemesine odaklanmıştır. İlk aşamada, üzüm salkımlarının sıklığı OIV tarafından tanımlanan kriterlere göre deneyimli bir jüri tarafından değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise verim bileşenleri fiziksel müdahale gerektiren ölçümlerle belirlenmiştir. Araştırmada geliştirilen 3D rekonstrüksiyon aracı, kullanıcı dostu bir model elde etmiş ve her bir salkım için %20 başarı oranıyla doğru bir şekilde tahmin yapmıştır. Araştırmanın sonucunda, bu teknolojinin üzüm verim ve kalite bileşenlerini nesnel bir şekilde ölçmede başarılı olduğu görülmüştür. Stereo görüntüleme teknolojisi ile elde edilen veriler, özellikle salkım sıklığı ve tane boyutunun doğru bir şekilde tahmin edilmesinde önemli bir katkı sağlamıştır.

DT teknolojisi, verim ve kalite tahminlerini daha doğru hale getirerek, bağcılıkta yönetim stratejilerinin iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bilgisayarla görme, makine öğrenimi ve 3D modelleme gibi teknolojilerin entegrasyonu sayesinde, verim ve kalite parametreleri daha nesnel bir şekilde değerlendirilebilmektedir. DT'lerin bağcılıkta yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte, hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlanabilecektir. Bu teknoloji, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunarak, bağcılık sektörü için büyük bir potansiyel sunmaktadır.

DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİ İLE HASTALIK VE ZARARLI KONTROLÜNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Salkımın şekli ve sıklığı, üzüm kalitesinin yanı sıra zararlı infestasyonu ve patojen enfeksiyonu üzerinde doğrudan etkili bir rol oynamaktadır (Blank, Hofmann ve Stoll, 2019). Özellikle salkım sıklığı ile kurşuni küf (*Botrytis cinerea*) arasındaki ilişki, bağcılık literatüründe kapsamlı bir şekilde ele alınmış ve araştırılmıştır (Hed, Ngugi ve Travis, 2009; Kocsis ve diğerleri, 2018). Sık salkımlar, nemin daha fazla tutulmasına olanak tanıyarak patojenlerin yayılmasını kolaylaştırmakta ve üzümün olgunlaşma sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, patojenlerin neden olduğu

ürün kayıplarını artırabilmektedir. DT teknolojisi ise hastalık ve zararlı kontrolünde etkin bir çözüm sunarak, çevresel etkilerin yönetilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır.

DT teknolojisi, tarımın çevresel etkisini önemli ölçüde azaltarak, üreticilerin kaynakları daha verimli ve hassas bir şekilde yönetmesine olanak tanımaktadır (Cesco ve diğerleri, 2023). Bu teknoloji, tarımsal üretim alanlarının sanal modellerini oluşturarak, üreticilerin su, gübre ve pestisit kullanımını optimize etmelerine ve bu süreçlerde israfı en aza indirerek tarımın ekolojik ayak izini azaltmalarına yardımcı olmaktadır (Verdouw ve diğerleri, 2021). DT teknolojisinin sağladığı hassas tarım uygulamaları, gübre ve pestisitlerin gerçek zamanlı verilere dayalı olarak uygulanmasını içermektedir. Bu sayede, kimyasal girdi kullanımında aşırıya kaçılması engellenmekte ve bu durum, toprak bozulmasını, su kirliliğini ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmektedir. Aynı zamanda faydalı böceklerin ve yerel yaban hayatının korunmasına yardımcı olmaktadır (Abioye ve diğerleri, 2022). Bu yöntem, ekolojik dengeyi korurken tarımsal üretim süreçlerini optimize etmekte, çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır.

DT teknolojisinin bir diğer önemli katkısı, üreticilere kaynak kullanımını ve çevresel etkiler hakkında ayrıntılı veri sağlayarak, çevresel düzenlemelere ve sürdürülebilirlik standartlarına uyum sağlamalarına yardımcı olmasıdır. Bu şeffaflık, hem düzenleyici gerekliliklerin karşılanmasını kolaylaştırmakta hem de tarım işletmelerinin ilgili sertifikaları almasına olanak tanımaktadır (Yang ve diğerleri, 2022). Bu tür uygulamalar, küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak ve çevre dostu tarım uygulamalarını teşvik etmek açısından kritik öneme sahiptir (Adegbeye ve diğerleri, 2020). DT teknolojisi, tarımsal faaliyetleri küresel çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirirken, aynı zamanda farklı tarımsal bağlamlara uyum sağlayarak sürdürülebilir tarımın ilerlemesine katkıda bulunmaktadır (Gutiérrez Cejudo ve diğerleri, 2023). Bu nedenle, DT teknolojisi, tarımsal verimlilik ve çevresel sorumluluk arasındaki dengeyi sağlamada bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir.

Uydu görüntülerinin saha verileriyle entegrasyonu, ürün sağlığı ve gelişimi hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlayarak, hastalıkların erken tespiti ve verim tahminlerinde doğruluğu artırmaktadır. Bu teknoloji, verimliliği %25'e varan oranda artırarak tarım ekonomisine önemli katkılar sağlamıştır (Gore, Patil, Mahankale ve Gore, 2024). Aynı zamanda zararlı

infestasyonu ve hastalık riskini erken aşamada belirleyerek, üreticilerin zamanında önlem almasına olanak tanımaktadır. Zanchin ve diğerleri (2024) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, kurşuni küf (*Botrytis cinerea*) hastalığına duyarlı Pinot Gris ve Pinot Noir üzüm çeşitlerinin yirmi üç klonu üzerinde DT modellemesi yapılmıştır. Çalışma, İtalya Cimdolmo'dan toplanan 105 Pinot Gris ve San Michele all'Adige'den toplanan 33 Pinot Noir üzüm salkımı üzerinde gerçekleştirilmiş ve salkım sıklığı, hasat döneminde OIV'nin 0-3 skalasına göre değerlendirilmiştir. Townsend-Heuberger (TH) indeksi kullanılarak her klona 0 ile 100 arasında puan verilmiştir. Bu veriler laboratuvar ortamında toplanan görüntülerle birleştirilerek, DT oluşturulmuştur. Elde edilen nokta bulutları, salkımların morfolojik özelliklerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamıştır. İklim verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, sıcak ve nemli koşulların *Botrytis cinerea* enfeksiyonlarını artırdığı görülmüştür. Temel Bileşenler Analizi (PCA), Pinot Gris klonları arasında belirgin bir diyagonal eğilim olduğunu ortaya koymuştur. Daha geniş ve uzun salkımlara sahip olan klonların, daha sıkı salkımlı klonlara göre daha düşük küf şiddetine sahip olduğu belirlenmiştir. 2D regresyon modeli, doğrudan ölçülen morfolojik özelliklere dayanarak kurşuni küf şiddetini tahmin etmiştir. Ancak 3D regresyon modeli, daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Pinot Gris'te 3D model kullanıldığında, R^2 değeri 0.656'dan 0.838'e yükselmiş ve Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) 1.713'ten 1.175'e düşmüştür. Pinot Noir için ise 3D model ile R^2 değeri 0.936'ya ulaşmış ve RMSE değeri 0.290 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, DT analizi ile hem Pinot Gris hem de Pinot Noir klonlarında kurşuni küf direncinin doğru bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Geliştirilen DT modelleri, üreticilerin zararlı popülasyonlarını ve toprak koşullarını öngörmelerine yardımcı olarak, dayanıklı bitki çeşitlerini seçmelerini ve zararlı yönetim stratejilerini daha etkin bir şekilde uygulamalarını sağlamıştır (Kar ve Saha, 2021; Motha ve Baier, 2005). Bu bağlamda, DT teknolojisinin entegre mücadele stratejilerine katkı sağlayarak, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına olanak tanıdığı söylenebilir. Böylelikle, hastalık ve zararlı yönetimi süreçleri daha verimli hale getirilirken, çevreye olan olumsuz etkiler de önemli ölçüde azaltılabilir.

DT TEKNOLOJİSİNİN YAYGINLAŞMASINA YÖNELİK SINIRLAMALAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Teknolojik Zorluklar ve Çözümler

DT teknolojisinin tarımda uygulanması, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bazı zorluklar sunmaktadır. En büyük engellerden biri, ayrıntılı, gerçek zamanlı veri toplamak için gerekli olan gelişmiş sensörler ve IoT cihazlarının eksikliğidir (Khan ve diğerleri, 2022; Lv ve Xie, 2022). Bu sorunun üstesinden gelmek için, uygun maliyetli sensör teknolojileri ve açık kaynaklı veri platformları geliştirilebilir (Costantini ve diğerleri, 2022; Sharma, Tripathi ve Mittal, 2022b). Ayrıca, disiplinler arası işbirlikleri ve teknoloji firmalarıyla ortaklıklar, üreticilere uygun fiyatlı ve erişilebilir teknolojik çözümler sunulmasını sağlayabilir. Diğer bir zorluk, DT teknolojisini kullanabilecek nitelikli uzmanların eksikliğidir (Bandara, Ranadewa, Parameswaran, Eranga ve Nawarathna, 2023). Bu, tarım bilgisi ve dijital becerileri birleştiren eğitim programları ile çözülebilir. Hükümetler ve STK'lar, eğitim ve teknolojiye yatırım yaparak bu engellerin aşılmasına yardımcı olabilir (Concilio ve diğerleri, 2022). Sonuç olarak, DT teknolojisinin tarıma entegrasyonu, kapsamlı, disiplinler arası yaklaşımlar ve stratejik yatırımlarla sağlanabilir.

Ekonomik Engeller ve Hafifletme Stratejileri

DT teknolojisinin tarımda yaygın olarak benimsenmesi, özellikle küçük ölçekli işletmeler için yüksek başlangıç maliyetleri nedeniyle ekonomik zorluklarla karşılaşmaktadır (Errandonea, Beltrán ve Arrizabalaga, 2020). Bu engelleri aşmak için sübvansiyonlar, hibeler ve düşük faizli krediler gibi mali destek mekanizmaları kritik öneme sahiptir. Pilot projeler, DT'nin ürün verimliliğini artırma ve kaynak israfını azaltma gibi somut faydalarını göstererek üreticileri teknolojiye yatırım yapmaya teşvik edebilir (Lim, Zheng ve Chen, 2019). Mikrofinans ve topluluk temelli finansman modelleri de küçük ölçekli işletmeler için gerekli finansal desteğini sağlayabilir (Winter ve Chico, 2023). Disiplinler arası işbirlikleri, DT teknolojisinin uygun maliyetli ve kullanıcı dostu hale getirilmesine katkıda bulunabilir. Bu stratejiler, DT'nin tarımda sürdürülebilir bir şekilde entegre edilmesini sağlayabilir.

Altyapısal Sınırlamalar ve Çözüm Yolları

DT teknolojisinin tarımda uygulanması, özellikle gelişmekte olan ülkelerde internet bağlantısının zayıf olması ve elektrik kesintileri gibi

zorluklarla karşı karşıyadır (John ve diğerleri, 2023). Bu sorunları aşmak, sadece altyapı iyileştirmeleriyle değil, hükümet ve uluslararası kaynakların kırsal altyapıya yatırım yapmasıyla mümkündür (Wan, Nochta ve Schooling, 2019). Örneğin, güneş enerjili cihazlar elektrik sorunlarını azaltabilir. Ayrıca, yerel teknik hizmet merkezlerinin kurulması, üreticilere ve teknisyenlere eğitim ve destek sağlayarak teknolojinin etkili kullanımını garanti edebilir. Teknoloji şirketleriyle işbirliği de son gelişmelere erişimi artırabilir (Smith, 2024). İnternet bağlantısını geliştirmek tarımın yanı sıra kırsal kalkınmaya, eğitim ve sağlık hizmetlerine de katkı sağlayabilir (Duguma ve Bai, 2024). Bu nedenle, DT teknolojisinin tarımda uygulanması, altyapı eksikliklerini gidermek için disiplinler arası ve işbirlikçi bir yaklaşım gerektirmektedir.

Kültürel ve Eğitimsel Faktörler

DT teknolojisinin tarımda entegrasyonu, geleneksel üretici topluluklarının kültürel alışkanlıkları ve teknolojiye aşına olmamaları nedeniyle dirençle karşılaşmaktadır (John ve diğerleri, 2023; Tsakiridis ve diğerleri, 2023). Bu zorlukların üstesinden gelmek için topluluklarla etkileşim kurulmalı ve DT teknolojisinin faydaları hakkında eğitim verilmelidir. Bilinçlendirme kampanyaları ve gerçek başarı hikayeleri, teknolojinin verimliliği nasıl artırdığını gösterebilir. Eğitim ve pratik odaklı programlar, DT'nin kullanımını ve avantajlarını üreticilere öğretmek için kritik öneme sahiptir (John ve diğerleri, 2023; Sazili Shahibi ve diğerleri, 2023). Kültürel ve eğitimsel engellerin aşılması, topluluk katılımı ve kapsamlı eğitimle mümkün olabilir.

Politika ve Düzenleyici Çerçeve

Gelişmekte olan ülkelerde, gelişmiş tarım teknolojilerinin entegrasyonu, yetersiz hükümet politikaları ve teşviklerin olmaması nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu durum, tarımda dijital teknolojilerin benimsenmesini zorlaştırmaktadır. John ve diğerleri (2023), tarımda teknolojik ilerlemeleri teşvik eden politika reformlarına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır. Hükümet teşvikleri ve destek yapıları, üreticilerin bu yenilikçi çözümleri benimsemelerini motive edebilir (Arowoia, Oke, Ojo ve Adelusi, 2024). Ayrıca, verilerin korunmasını sağlamak için sağlam veri yönetim politikaları ve siber güvenlik önlemleri gereklidir (Kulkarni ve diğerleri, 2024). Politika yapımcılar, tarım uzmanları ve teknoloji profesyonelleri arasındaki işbirliği, DT teknolojilerinin güvenli ve sorunsuz bir şekilde tarıma entegre edilmesine yardımcı olabilir.

Çevresel ve Etik Hususlar

DT teknolojisi tarımda birçok fayda sunarken, çevresel ve etik etkileri de göz önünde bulundurmak önemlidir. Bu teknolojinin yerel ekosistemlere zarar vermemesi ve toplulukların değerlerine uygun olması gerekmektedir (Muench ve diğerleri, 2022; Tzachor, Sabri, Richards, Rajabifard ve Acuto, 2022). Çevre dostu ve etik açıdan sağlam bir yaklaşım benimsenmelidir. Teknolojik ilerlemeler, internet erişiminin iyileşmesi ve politika değişiklikleri, gelecekteki zorlukların aşılmasına yardımcı olabilir (Cho ve diğerleri, 2023). Uluslararası işbirlikleri, bilgi paylaşımı ve yeni finansman modelleri, sürdürülebilir tarımı ve gıda güvenliğini destekleyebilir (Singh ve diğerleri, 2021). DT teknolojisinin tarıma entegrasyonu, teknolojik gelişmelerin ötesinde, çevresel ve toplumsal etkileri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

GELECEK PERSPEKTİFLERİ VE ÖNERİLER

DT teknolojisinin bağıcılık sektöründe tam potansiyelini ortaya koyabilmesi, politika, araştırma ve uygulama aşamalarını içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Politika yapıcılar, araştırma ve geliştirme için sübvansiyonlar, vergi indirimleri ve hibelerle üreticilerin mali yükünü hafifletmelidir (John ve diğerleri, 2023). Altyapıya, özellikle internet bağlantısı ve güvenilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması kritik önemdedir (Argyroudis ve diğerleri, 2022). Kamu-özel sektör ortaklıkları, yeniliklerin daha hızlı transfer edilmesine yardımcı olabilir (Nochta, Schooling, Badstuber ve Wahby, 2019; Spaltini, Terzi ve Taisch, 2023). Araştırmacılar, yerel ihtiyaçlara uyarlanabilir ve küçük ölçekli işletmelere uygun çözümler geliştirmeye odaklanmalıdır (John ve diğerleri, 2023; Sazili Shahibi ve diğerleri, 2023). Uzun vadeli çalışmalarla bu teknolojilerin ürün verimi ve çevre üzerindeki etkileri değerlendirilmelidir. Üreticiler için teknoloji becerilerini geliştirecek eğitim programları ve kooperatif ağları, dijital araçlara geçişi kolaylaştırabilir (Dah ve Hussin, 2021; Hoang ve Tran, 2023). Ayrıca, mikro kredi ve kitle fonlaması gibi yenilikçi finansman modelleri üreticilere gerekli sermayeyi sağlayabilir (John ve diğerleri, 2023). Sürdürülebilirlik her zaman ön planda olmalı; DT teknolojisi çevreyi korurken verimliliği artırmalıdır (Lu ve diğerleri, 2015). Küresel işbirliği ve kapsamlı izleme sistemleri, bu teknolojilerin etkili entegrasyonunu destekleyecektir (David Chau, Sanchez-Londono, Barbieri, Kurpaska ve Kielbasa, 2021;

Howard ve diğerleri, 2021). Tüm paydaşların işbirliğiyle, bağcılık daha sürdürülebilir, verimli ve dirençli bir geleceğe yönlendirilebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, DT teknolojisinin bağcılıkta, ürün verimliliği, kaynak yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından sunduğu önemli fırsatları ortaya koymuştur. DT'ler, bağcılık süreçlerinin daha verimli ve hassas bir şekilde yönetilmesine olanak tanıırken, iklim değişikliği gibi küresel zorluklara uyum sağlamak için de değerli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle su yönetimi, gübre kullanımı ve pestisit uygulamalarının optimize edilmesi, bu teknolojinin çevresel etkileri azaltma ve bağcılık faaliyetlerini daha sürdürülebilir hale getirme potansiyelini göstermektedir. Bu araştırma, bağcılık alanında DT'nin verim ve kalite tahmininden hastalık yönetimine kadar birçok uygulamada başarılı sonuçlar sağladığını vurgulamaktadır. Özellikle asma morfolojisinin detaylı 3D analizleri, salkım sıklığı ve ürün kalitesi gibi kritik özelliklerin değerlendirilmesinde önemli bir yenilik sunmaktadır. Gelişmiş veri toplama ve analiz teknikleri, DT'nin bağcılıktaki pratik yararlarını daha da artırmakta ve üreticilere sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirme imkanı sağlamaktadır. Ancak, DT teknolojisinin tarımda tam olarak benimsenmesi bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklar, altyapı eksiklikleri, ekonomik engeller, teknik bilgi yetersizlikleri ve geleneksel tarım yöntemlerine olan direnç olarak sıralanabilir. Bu engellerin aşılması için hükümetler, teknoloji sağlayıcıları ve tarımsal topluluklar arasında işbirliği yapılması gerekmektedir. Ayrıca, DT'nin yaygın olarak kullanılabilmesi için altyapı, eğitim ve dijital okuryazarlığın artırılmasına yönelik yatırımlar kritik öneme sahiptir. Gelecekteki çalışmalar, DT teknolojisinin farklı tarımsal uygulamadaki etkinliğini daha da artırmak ve mevcut sınırlamaları aşmak için çeşitli senaryolarda daha fazla test edilmesini gerektirmektedir. DT'lerin tarımsal sistemlere entegrasyonu, bağcılığın daha verimli, sürdürülebilir ve çevre dostu bir hale gelmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, DT teknolojisinin gelecekte bağcılıkta yaygın bir uygulama haline gelmesi beklenmekte ve sürdürülebilir bir bağcılığın geleceği için önemli bir adım olarak görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abioye, E. A., Hensel, O., Esau, T. J., Elijah, O., Abidin, M. S. Z., Ayobami, A. S. Nasirahmadi, A. (2022). Precision irrigation management using machine learning and digital farming solutions. *AgriEngineering*, 4(1), 70–103. doi:10.3390/agriengineering4010006
- Adegbeye, M. J., Ravi Kanth Reddy, P., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A.Z.M. Camacho Diaz, L. M. (2020). Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118319. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118319
- Ando, T. (2022). Toward the next generation of HS-AFM. *Nanoscience & Technology*, 107-120. doi:10.1007/978-3-662-64785-1_8
- Annepanavar, A. ve Gopalakrishnan, D. K. (2021). *Digital Twins for sustainable production: Modelling and simulation of a production system towards a Digital Twin*. Gothenburg, Sweden: Department of Industrial and Materials Science, Chalmers University of Technology. Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12380/302629>
- Argyroudis, S. A., Mitoulis, S. A., Chatzi, E., Baker, J. W., Brilakis, I., Gkoumas, K. Linkov, I. (2022). Digital technologies can enhance climate resilience of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, 35, 100387. doi:10.1016/j.crm.2021.100387
- Arowoia, V. A., Oke, A. E., Ojo, L. D. ve Adelusi, A. O. (2024). Driving factors for the adoption of digital twin technology implementation for construction project performance in Nigeria. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(1), 05023014. doi:10.1061/JCEMD4.COENG-13659
- Bandara, D. W. J. W., Ranadewa, K. A. T. O., Parameswaran, A., Eranga, B. A. I. ve Nawarathna, A. (2023). *Lean iceberg model to minimise barriers for digital twin implementation: Sri Lankan construction industry perspective*. In: Y.G. Sandanayake, K.G.A.S. Waidyasekara, T. Ramachandra and K.A.T.O. Ranadewa (Eds). *Proceedings of the 11th World Construction Symposium, 21-22 July 2023* (s. 671–685). Colombo, Sri Lanka. doi:10.31705/WCS.2023.55
- Bellvert, J., Pelechá, A., Pamies-Sans, M., Virgili, J., Torres, M. ve Casadesús, J. (2023). Assimilation of sentinel-2 biophysical variables into a

- digital twin for the automated irrigation scheduling of a vineyard. *Water*, 15(14), 2506. doi:10.3390/w15142506
- Blank, M., Hofmann, M. ve Stoll, M. (2019). Seasonal differences in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir fruit and wine quality in relation to climate. *Oeno One*, 53(2), 189–203. doi:10.20870/oeno-one.2019.53.2.2427
- Botín-Sanabria, D. M., Mihaita, S., Peimbert-García, R. E., Ramírez-Moreno, M. A., Ramírez-Mendoza, R. A. ve Lozoya-Santos, J. J. (2022). Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review. *Remote Sensing*, 14(6), 1335. doi:10.3390/rs14061335
- Brosnan, T. ve Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision: a review. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 3-16. doi:10.1016/S0260-8774(03)00183-3
- Cesco, S., Sambo, P., Borin, M., Basso, B., Orzes, G. ve Mazzetto, F. (2023). Smart agriculture and digital twins: Applications and challenges in a vision of sustainability. *European Journal of Agronomy*, 146, 126809. doi:10.1016/j.eja.2023.126809
- Chapuis, C. (2017). *Sustainable Viticulture: The Vines and Wines of Burgundy*. New York: Apple Academic Press & CRC Press. doi:10.1201/9781771885713
- Chen, X., Ding, H., Yuan, L. M., Cai, J. R., Chen, X. ve Lin, Y. (2018). New approach of simultaneous multi-perspective imaging for quantitative assessment of the compactness of grape bunches. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24(4), 413-420. doi:10.1111/ajgw.12349
- Cho, J., Kim, C., Lim, K. J., Kim, J., Ji, B. ve Yeon, J. (2023). Web-based agricultural infrastructure digital twin system integrated with GIS and BIM concepts. *Computers and Electronics in Agriculture*, 215, 108441. doi:10.1016/j.compag.2023.108441
- Concilio, G., Bianchi, I., Fagiani, F., Fontana, M., Mariani, I. ve Secchi, M. (2022). DIGISER. Digital Innovation in Governance and Public Service Provision. *ESPON 2020, Applied Research*, 1–2980. Erişim adresi: <https://re.public.polimi.it/handle/11311/1229401>
- Costantini, A., Di Modica, G., Ahouangonou, J. C., Duma, D. C., Martelli, B., Galletti, M. ... Cesini, D. (2022). IoTwins: toward implementation of distributed digital twins in industry 4.0 settings. *Computers*, 11(5), 67. doi:10.3390/computers11050067
- Cubero, S., Diago, M. P., Blasco, J., Tardaguila, J., Prats-Montalbán, J. M., Ibáñez, J. ... Aleixos, N. (2015). A new method for assessment of bunch compactness using automated image analysis, *Australian*

- Journal of Grape and Wine Research*, 21(1), 101-109.
doi:10.1111/ajgw.12118
- Cyganek, B. ve Siebert, J. P. (2011). *An introduction to 3D computer vision techniques and algorithms*. New Jersey, U.S.A.: John Wiley & Sons.
- Dah, J. ve Hussin, N. (2021). A conceptual framework of a streamlined extended technology acceptance model for mobile application adoption. *International Journal of Social Science Research*, 9(2), 42–51.
doi:10.5296/ijssr.v9i2.18649
- David Chaux, J., Sanchez-Londono, D., Barbieri, G., Kurpaska, S. ve Kielbasa, P. (2021). A Digital Twin Architecture to Optimize Productivity within Controlled Environment Agriculture. *Applied Sciences*, 11(19), 8875.
doi:10.3390/app11198875
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z. P. ve Ojeda, H. (2004). Vine and water: a short review. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*, 38(1), 1-13.
doi:10.20870/oeno-one.2004.38.1.932
- Diago, M. P., Sanz-Garcia, A., Millan, B., Blasco, J., ve Tardaguila, J. (2014). Assessment of flower number per inflorescence in grapevine by image analysis under field conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10), 1981-1987. doi:10.1002/jsfa.6512
- Duguma, A. L. ve Bai, X. (2024). Contribution of Internet of Things (IoT) in improving agricultural systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(2), 2195–2208. doi:10.1007/s13762-023-05162-7
- Dyck, G., Hawley, E., Hildebrand, K. ve Paliwal, J. (2023). Digital Twins: A novel traceability concept for post-harvest handling. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100079. doi:10.1016/j.atech.2022.100079
- Edemetti, F., Maiale, A., Carlini, C., D’Auria, O., Llorca, J. ve Tulino, A. M. (2022). *Vineyard Digital Twin: construction and characterization via UAV images – DIWINE Proof of Concept*. *Proceedings. 2022 IEEE 23rd International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)* (s. 601–606). Belfast, United Kingdom.
doi:10.1109/WoWMoM54355.2022.00094
- Errandonea, I., Beltrán, S. ve Arizabalaga, S. (2020). Digital Twin for maintenance: A literature review. *Computers in Industry*, 123, 103316.
doi:10.1016/j.compind.2020.103316
- Faluomi, V. (2023). *A digital twin application for vineyards sustainable management*. In: P. Roca, (Ed.). *44th World Congress of Vine and Wine, BIO Web of Conferences* (s. 1-6). Jerez, Spain. doi:10.1051/bioconf/20236801038
- Fraga, H., Santos, J. A., Malheiro, A. C., Oliveira, A. A., Moutinho-Pereira, J. ve Jones, G. V. (2016). Climatic suitability of Portuguese grapevine varieties

- and climate change adaptation. *International Journal of Climatology*, 36(1), 1–12. doi:10.1002/joc.4325
- Gallego-García, S., Gallego-García, D. ve García-García, M. (2023). Sustainability in the agri-food supply chain: a combined digital twin and simulation approach for farmers. *Procedia Computer Science*, 217, 1280–1295. doi:10.1016/j.procs.2022.12.326
- Gatti, M., Bernizzoni, F., Civardi, S. ve Poni, S. (2012). Effects of cluster thinning and preflowering leaf removal on growth and grape composition in cv. Sangiovese. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(3), 325–332. doi:10.5344/ajev.2012.11118
- Gené-Mola, J., Sanz-Cortiella, R., Rosell-Polo, J. R., Escolà, A. ve Gregorio, E. (2021). In-field apple size estimation using photogrammetry-derived 3D point clouds: Comparison of 4 different methods considering fruit occlusions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 188, 106343. doi:10.1016/j.compag.2021.106343
- Ghandar, A., Ahmed, A., Zulfıqar, S., Hua, Z., Hanai, M. ve Theodoropoulos, G. (2021). A decision support system for urban agriculture using digital twin: A case study with aquaponics. *IEEE Access*, 9, 35691–35708. doi:10.1109/ACCESS.2021.3061722
- Giller, K. E., Delaune, T., Silva, J. V., Descheemaeker, K., van de Ven, G., Schut, A. G. T. van Ittersum, M. K. (2021). The future of farming: Who will produce our food?. *Food Security* 13(5), 1073–1099. doi:10.1007/s12571-021-01184-6
- Giroto, F., Galeazzi, A., Manenti, F., Gueguen, S. ve Piazza, L. (2022). Water-food-energy nexus: Assessing challenges in the trend toward digitalization: The case study of an Italian winemaking industry. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41(6), e13893. doi:10.1002/ep.13893
- Gore, S., Patil, D., Mahankale, N. ve Gore, S. (2024). Satellite imaging for precision agriculture enhancing crop management, soil condition and yield prediction. *Emerging Trends in Smart Societies*, 12, 434–437. doi:10.4324/9781003489412-104
- Grilli, E., Battisti, R. ve Remondino, F. (2021). An advanced photogrammetric solution to measure apples. *Remote Sensing*, 13, 19. doi:10.3390/rs13193960
- Gutiérrez Cejudo, J., Enguix Andrés, F., Lujak, M., Carrascosa Casamayor, C., Fernandez, A. ve Hernández López, L. (2024). Towards agrirobot digital twins: Agri-RO5 – A multi-agent architecture for dynamic fleet simulation. *Electronics*, 13(1), 80. doi:10.3390/electronics13010080
- Hed, B., Ngugi, H. K., ve Travis, J. W. (2009). Relationship between cluster compactness and bunch rot in Vignoles grapes. *Plant Disease*, 93(11), 1195–1201. doi:10.1094/PDIS-93-11-1195
- Henriksen, H. J., Schneider, R., Koch, J., Ondracek, M., Troldborg, L., Seidenfaden, I. K. ... Stisen, S. (2022). A New Digital Twin for Climate Change Adaptation,

- Water Management, and Disaster Risk Reduction (HIP Digital Twin). *Water*, 15(1), 25. doi:10.3390/w15010025
- Herrero-Huerta, M., González-Aguilera, D., Rodríguez-Gonzálvez, P. ve Hernández-López, D. (2015). Vineyard yield estimation by automatic 3D bunch modelling in field conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 17–26. doi:10.1016/j.compag.2014.10.003
- Herrero-Huerta, M., Tardy, H., Morcillo, A. ve Gonzalez-gonzalez, E. (2022). *Grape bunch architecture by low-cost 3D scanner grape bunch architecture by low-cost 3D scanner. Frutic 14th international symposium*, June 29 – July 1, 2022 (s. 1-4). Valencia, Spain.
- Hoang, H. G. ve Tran, H. D. (2023). *Smallholder Farmers' Perception and Adoption of Digital Agricultural Technologies: An Empirical Evidence from Vietnam*. UK: Sage, Newcastle upon Tyne. doi:10.1177/00307270231197825
- Howard, D. A., Ma, Z., Veje, C., Clausen, A., Aaslyng, J. M. ve Jørgensen, B. N. (2021). Greenhouse industry 4.0 – Digital twin technology for commercial greenhouses. *Energy Informatics*, 4(2), 1–13. doi:10.1186/s42162-021-00161-9
- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M. ve Poni, S. (2008). Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(1), 25-32. doi:10.1111/j.1755-0238.2008.00004.x
- Ivorra, E., Sánchez, A. J., Camarasa, J. G., Diago, M. P. ve Tardaguila, J. (2015). Assessment of grape cluster yield components based on 3D descriptors using stereo vision. *Food Control*, 50, 273-282, doi:10.1016/j.foodcont.2014.09.004
- John, D., Hussin, N., Shahibi, M. S., Ahmad, M., Hashim, H., Ametefe, D.S. ve Senanu, D. (2023). A systematic review on the factors governing precision agriculture adoption among small-scale farmers. *Outlook on Agriculture*, 52(4), 469-485. doi:10.1177/00307270231205640
- Kar, G. ve Saha, R. (2021). Innovations on climate smart agriculture and structural reforms for self-reliant India. *Innovations in Agriculture for a Self-Reliant India*, 36, 161–190. doi:10.1201/9781003245384-13
- Khan, L. U., Han, Z., Saad, W., Hossain, E., Guizani, M. ve Hong, C. S. (2022). Digital twin of wireless systems: Overview, taxonomy, challenges, and opportunities. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 24(4), 2230–2254. doi:10.1109/COMST.2022.3198273

- Khebbache, R., Merizig, A., Rezeg, K. ve Lloret, J. (2023). The recent technological trends of smart irrigation systems in smart farming: A review. *International Journal of Computing and Digital Systems* 14(1), 10317–10335. doi:10.12785/ijcds/1401104
- Knox, N., Mcglade, J., Mcalpine, S., Lakey, C., Morris, K. ve Adams, J. (2023). Using a Digital Twin Approach to Measure Soil Organic Carbon Changes in Legume Cropping Rotations in Western Australia. EasyChair Preprint 10603.
- Kocsis, M., Csikász-Krizsics, A., Szata, B. É., Kovács, S., Nagy, Á., Máta, A. ve Jakab, G. (2018). Regulation of cluster compactness and resistance to *Botrytis cinerea* with β -aminobutyric acid treatment in field-grown grapevine. *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 57(1), 35–40. doi:10.5073/vitis.2018.57.35-40
- Kudryashova, E. ve Casetti, M. (2021). The internet of things-the nearest future of viticulture. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 13(2): 79-86. doi:10.7160/aol.2021.130206
- Kulkarni, A., Wang, Y., Gopinath, M., Sobien, D., Rahman, A. ve Batarseh, F.A. (2024). *A Review of Cybersecurity Incidents in the Food and Agriculture Sector*. New York, U.S.A.: Cornell University. doi:10.48550/arXiv.2403.08036
- Li, E., Wang, L., Xie, Q., Gao, R., Su, Z. ve Li, Y. (2023). A novel deep learning method for maize disease identification based on small sample-size and complex background datasets. *Ecological Informatics*, 75, 102011. doi:10.1016/j.ecoinf.2023.102011
- Lim, K. Y. H., Zheng, P. ve Chen, C. H. (2019). A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(6), 1313–1337. doi:10.1007/s10845-019-01512-w
- Lin, Z. (2023). Digital twins' technology for smart agriculture. *Encyclopedia of Digital Agricultural Technologies*, 4, 348–355. doi:10.1007/978-3-031-24861-0_191
- Liu, W., Zang, Y., Xiong, Z., Bian, X., Wen, C., Lu, X., ... Li, J. (2023). 3D building model generation from MLS point cloud and 3D mesh using multi-source data fusion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 116, 103171. doi:10.1016/j.jag.2022.103171
- Lopes, C. M. ve Cadima, J. (2021). Grapevine bunch weight estimation using image-based features: Comparing the predictive performance of

- number of visible berries and bunch area. *OENO One*, 55(4), 209–226. doi:10.20870/oeno-one.2021.55.4.4741
- Lu, Y., Jenkins, A., Ferrier, R. C., Bailey, M., Gordon, I. J., Song, S. ... Zhang, Z. (2015). Addressing China's grand challenge of achieving food security while ensuring environmental sustainability. *Science Advances*, 1(1), 1–15. doi:10.1126/sciadv.1400039
- Ly, Z. ve Xie, S. (2022). Artificial intelligence in the digital twins: State of the art, challenges, and future research topics. *Digital Twin*, 1, 12. doi:10.12688/digitaltwin.17524.2
- Mack, J., Schindler, F., Rist, F., Herzog, K., Töpfer, R. ve Steinhage, V. (2018). Semantic labeling and reconstruction of grape bunches from 3D range data using a new RGB-D feature descriptor, *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 96-102. doi:10.1016/j.compag.2018.10.011
- Manocha, A., Sood, S. K. ve Bhatia, M. (2024). IoT-digital twin-inspired smart irrigation approach for optimal water utilization. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 41, 100947. doi:10.1016/j.suscom.2023.100947
- Marinello, F., Pezzuolo, A., Cillis, D. ve Sartori, L. (2016). Kinect 3D reconstruction for quantification of grape bunches volume and mass, *Engineering for Rural Development*, 876-881.
- Melesse, T. Y., Colace, F., Dembele, S. P., Lorusso, A., Santaniello, D. ve Valentino, C. (2024). Digital twin for predictive monitoring of crops: State of the art. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1027–1036. doi:10.1007/978-981-99-3043-2_85
- Mishra, S. ve Sharma, S. K. (2023). Advanced contribution of IoT in agricultural production for the development of smart livestock environments. *Internet of Things*, 22, 100724. doi:10.1016/j.iot.2023.100724
- Motha, R. P. ve Baier, W. (2005). Impacts of present and future climate change and climate variability on agriculture in the temperate regions: North America. *Climatic Change*, 70(1–2), 137–164. doi:10.1007/s10584-005-5940-1
- Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. ve Scapoo, F. (2022). *Towards a green and digital future*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/54

- Nasirahmadi, A. ve Hensel, O. (2022). Toward the next generation of digitalization in agriculture based on digital twin paradigm. *Sensors*, 22(2), 498. doi:10.3390/s22020498
- Nie, J., Wang, Y., Li, Y. ve Chao, X. (2022). Artificial intelligence and digital twins in sustainable agriculture and forestry: A survey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(5), 642–661. doi:10.55730/1300-011X.3033
- Nochta, T. P., Schooling, J., Badstuber, N. ve Wahby, N. (2019). The local governance of digital technology – Implications for the city-scale digital twin. U.K.: Centre for Digital Built Britain. doi:10.17863/CAM.43321
- Nuske, S., Achar, S., Bates, T., Narasimhan, S. ve Singh, S. (2011). Yield estimation in vineyards by visual grape detection, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. doi:10.1109/IROS.2011.6095069
- OIV (2009). *Of the OIV descriptor list for grape varieties and vitis species*. Paris, France: Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV). Erişim adresi: <https://www.oiv.int/public/medias/2274/code-2e-edition-finale.pdf>
- Palacios, F., Diago, M. P. ve Tardaguila, J. (2019). A non-invasive method based on computer vision for grapevine cluster compactness assessment using a mobile sensing platform under field conditions. *Sensors*, 19(17), 3799. doi:10.3390/s19173799
- Palliotti, A., Gatti, M. ve Poni, S. (2011). Early Leaf Removal to Improve Vineyard Efficiency: Gas Exchange Source-to-Sink Balance and Reserve Storage Responses, *American Journal of Enology and Viticulture*, 62, 2, 219-228. doi:10.5344/ajev.2011.10094
- Pantano, M., Kamps, T., Pizzocaro, S., Pantano, G., Corno, M. ve Savaresi, S. (2020). *Methodology for Plant Specific Cultivation through a Plant Identification pipeline*. Trento, Italy: 2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor). doi:10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277567
- Patil, B., Vidyapeeth, B., Dnyandeo Patil, B., Gupta, S., Sandeep Kumar, S., Lalitha Kumari, P. ve Raj, G. B. (2023). IoT and big data integration for real-time agricultural monitoring journal of advanced zoology IoT and big data integration for real-time agricultural monitoring article history. *Journal of Advanced Zoology*, 44, 3079–3089.

- Peladarinos, N., Piromalis, D., Cheimaras, V., Tserepas, E., Munteanu, R. A. ve Papageorgas, P. (2023). Enhancing smart agriculture by implementing digital twins: A comprehensive review. *Sensors*, 23(16), 7128. doi:10.3390/s23167128
- Petrov, S. (2023). Digital Twins and Sustainability: A Comprehensive Review of Limitations and Opportunities. Erişim adresi: <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/79343>
- Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P. Ve Leitão, P. (2019). *Digital twin in industry 4.0: Technologies, applications and challenges*. 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN). (s. 721-726) Helsinki, Finland: IEEE. doi:10.1109/INDIN41052.2019.8972134
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T. ... Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462. doi:10.1016/j.scienta.2017.12.035
- Primicerio, J., Caruso, G., Comba, L., Crisci, A., Gay, P., Guidoni, S. Vaccari, F. P. (2017). Individual plant definition and missing plant characterization in vineyards from high-resolution UAV imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 179-186. doi:10.1080/22797254.2017.1308234
- Pyliaididis, C., Osinga, S. ve Athanasiadis, I. N. (2021). Introducing digital twins to agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 105942. doi:10.1016/j.compag.2020.105942
- Quevedo, R. ve Aguilera, J. M. (2010). Computer vision and stereoscopy for estimating firmness in the Salmon (Salmon salar) fillets. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 561-567. doi:10.1007/s11947-008-0097-3
- Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K. ve Alameh, K. (2022). Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications. *Renewable Energy*, 188, 731-749. doi:10.1016/j.renene.2022.02.065
- Rasheed, A., San, O. ve Kvamsdal, T. (2020). Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective. *IEEE Access*, 8, 21980-22012. doi:10.1109/ACCESS.2020.2970143
- Rathod, S., Singh, K. N., Arya, P., Ray, M., Mukherjee, A., Sinha, K. ... Shekhawat, R. S. (2017). Forecasting maize yield using ARIMA-

- genetic algorithm approach. *Outlook on Agriculture*, 46(4), 265–271. doi:10.1177/0030727017744933
- Rist, F., Gabriel, D., Mack, J., Steinhage, V., Töpfer, R. ve Herzog, K. (2019). Combination of an automated 3D field phenotyping workflow and predictive modelling for high-throughput and non-invasive phenotyping of grape bunches. *Remote Sensing*, 11(24), 1–22. doi:10.3390/rs11242953
- Rist, F., Herzog, K., Mack, J., Richter, R., Steinhage, V. ve Töpfer, R. (2018). High-precision phenotyping of grape bunch architecture using fast 3d sensor and automation. *Sensors*, 18, 3. doi:10.3390/s18030763
- Roscher, R., Herzog, K., Kunkel, A., Kicherer, A., Töpfer, R. ve Förstner, W. (2014). Automated image analysis framework for high-throughput determination of grapevine berry sizes using conditional random fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 148–158. doi:10.1016/j.compag.2013.11.008
- Rose, J. C., Kicherer, A., Wieland, M., Klingbeil, L., Töpfer, R. ve Kuhlmann, H. (2016). Towards automated large-scale 3D phenotyping of vineyards under field conditions. *Sensors*, 16(12), 2136. doi:10.3390/S16122136
- Sampson, D. J., Chang, Y. K., Rupasinghe, H. P. V. ve Zaman, Q. U. (2014). A dual-view computer-vision system for volume and image texture analysis in multiple apple slices drying. *Journal of Food Engineering*, 127, 49–57. doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.11.016
- Sazili Shahibi, M., Hussin, N., Ibrahim, Z., Shakir Zainol, A. ve Zazmi, M.Z.M. (2023). Factors affecting paddy farmers in using drones. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 101(8).
- Schieffer, J. ve Dillon, C. (2015). The economic and environmental impacts of precision agriculture and interactions with agro-environmental policy. *Precision Agriculture*, 16(1), 46–61. doi:10.1007/s11119-014-9382-5
- Schneider, T., Paulus, G., ve Anders, K. H. (2020). Towards predicting vine yield: Conceptualization of 3d grape models and derivation of reliable physical and morphological parameters. *GI Forum*, 8(1), 73–88. doi:10.1553/giscience2020_01_s73
- Schöler, F. ve Steinhage, V. (2015). Automated 3D reconstruction of grape cluster architecture from sensor data for efficient phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 163–177. doi:10.1016/j.compag.2015.04.001

- Shafiee-Jood, M. ve Cai, X. (2016). Reducing food loss and waste to enhance food security and environmental sustainability. *Environmental Science and Technology*, 50(16), 8432–8443. doi:10.1021/acs.est.6b01993
- Shamia, D., Suganyadevi, S., Satheeswaran, V. ve Balasamy, K. (2023). Digital twins in precision agriculture monitoring using artificial intelligence. *Digital Twin for Smart Manufacturing*, 243–265. doi:10.1016/B978-0-323-99205-3.00004-3
- Sharma, A., Kosasih, E., Zhang, J., Brintrup, A. ve Calinescu, A. (2022a). Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions. *Journal of Industrial Information Integration*, 30, 100383. doi:10.1016/j.jii.2022.100383
- Sharma, V., Tripathi, A. K. ve Mittal, H. (2022b). Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 201, 107217. doi:10.1016/j.compag.2022.107217
- Sigala, M. (2023). Thriving in wine tourism through technology and innovation: A survival or a competitiveness need? In: M. Sigala ve C. Haller (Ed.), *Technology Advances and Innovation in Wine Tourism: New Managerial Approaches and Cases*, Germany: Springer. doi:10.1007/978-981-19-8277-4_1
- Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchy, E. P., Qiao, Y., Murray, N. ve Devine, D. (2021). Digital twin: Origin to future. *Applied System Innovation*, 4(2), 36. doi:10.3390/asi4020036
- Smith, K. (2024). Solar cell integration with radio wave ai for enhanced business sustainability. *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 3(1), 65–75. Erişim adresi: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/view/4014>
- Spaltini, M., Terzi, S. ve Taisch, M. (2023). *The role of public-private partnership to foster twin transition in made in Italy: an application case*. 2023 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 19-22 June 2023 (s. 1-9). Edinburgh, United Kingdom: IEEE. doi:10.1109/ICE/ITMC58018.2023.10332347
- Sun, C., Berman, M., Coward, D. ve Osborne, B. (2007). Thickness measurement and crease detection of wheat grains using stereo vision. *Pattern Recognition Letters*, 28(12), 1501-1508. doi:10.1016/j.patrec.2007.03.008

- Tello, J. ve Ibañez, J. (2014). Evaluation of indexes for the quantitative and objective estimation of grapevine bunch compactness. *Vitis-Journal of Grapevine Research*, 53(1), 9-16.
- Tello, J. ve Ibañez, J. I. (2018). What do we know about grapevine bunch compactness? *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24,(1), 6-23. doi:10.1111/ajgw.12310
- Tello, J., Cubero, S., Blasco, J., Tardaguila, J., Aleixos, N. ve Ibañez, J. (2016). Application of 2D and 3D image technologies to characterise morphological attributes of grapevine clusters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4575-4583. doi:10.1002/jsfa.7675
- Teng, S. Y., Touš, M., Leong, W. D., How, B. S., Lam, H. L., Máša, V. (2021). Recent advances on industrial data-driven energy savings: digital twins and infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110208. doi:10.1016/j.rser.2020.110208
- Torres-Sánchez, J., Mesas-Carrascosa, F. J., Santesteban, L. G., Jiménez-Brenes, F. M., Oneka, O., Villa-Llop, A. ... López-Granados, F. (2021). Grape cluster detection using UAV photogrammetric point clouds as a low-cost tool for yield forecasting in vineyards. *Sensors*, 21(9), 3083. doi:10.3390/s21093083
- Tsakiridis, N. L., Samarinas, N., Kalopesa, E. ve Zalidis, G. C. (2023). Cognitive soil digital twin for monitoring the soil ecosystem: A conceptual framework. *Soil Systems*, 7(4), 88. doi:10.3390/soilsystems7040088
- Tzachor, A., Sabri, S., Richards, C. E., Rajabifard, A. ve Acuto, M. (2022). Potential and limitations of digital twins to achieve the sustainable development goals. *Nature Sustainability* 5(10), 822–829. doi:10.1038/s41893-022-00923-7
- Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B. ve Müller, J. (2014). Laser-based imaging system for non-invasive monitoring of quality changes of papaya during drying. *Food Control*, 42, 225-233. doi:10.1016/j.foodcont.2014.02.010
- Underhill, A., Hirsch, C., ve Clark, M. (2020). Image-based phenotyping identifies quantitative trait loci for cluster compactness in grape. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 145(6), 363–373. doi:10.21273/jashs04932-20
- Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A. ve Wolfert, S. (2021). Digital twins in smart farming. *Agricultural Systems*, 189, 103046. doi:10.1016/j.agsy.2020.103046

- Verdú, S., Ivorra, E., Sanchez, A. J., Giron, J., Barat, J. M., ve Grau, R. (2013). Comparison of TOF and SL techniques for in-line measurement of food item volume using animal and vegetable tissues. *Food Control*, 33(1), 221-226. doi:10.1016/j.foodcont.2013.02.031
- Wan, L., Nochta, T. ve Schooling, J. M. (2019). *Developing a city-level digital twin – Propositions and a case study. International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC)*, 8 - 10 July 2019 (s. 187–193). Cambridge, U.K. doi:10.1680/icsic.64669.187
- Wang, Y., Qi, Y., Li, J., Huan, L., Li, Y., Xie, B. ve Wang, Y. (2023). The wind and photovoltaic power forecasting method based on digital twins. *Applied Sciences*, 13(14), 8374. doi:10.3390/app13148374
- Winter, P. D. ve Chico, T. J. A. (2023). Using the non-adoption, abandonment, scale-up, spread, and sustainability (NASSS) framework to identify barriers and facilitators for the implementation of digital twins in cardiovascular medicine. *Sensors*, 23(14), 6333. doi:10.3390/s23146333
- Xin, B., Liu, S. ve Whitty, M. (2020). Three-dimensional reconstruction of *Vitis vinifera* (L.) cvs. Pinot Noir and Merlot grape bunch frameworks using a restricted reconstruction grammar based on the stochastic L-system. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(3), 207-219. doi:10.1111/ajgw.12444
- Yang, B., Lv, Z., Wang, F., Yang, B., Lv, Z. ve Wang, F. (2022). Digital twins for intelligent green buildings. *Buildings*, 12(6), 856. doi:10.3390/buildings12060856
- Zanchin, A., Kalantari, M., Encinas, U., Sozzi, M., Guerrini, L. ve Marinello, F. (2023). *Grapevine bunch Digital Twin analysis to detect alternative traits for bunch morphology classification*. Pisa, Italy: 2023 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor). doi:10.1109/MetroAgriFor58484.2023.10424055
- Zanchin, A., Sozzi, M., Giora, D., Kalantari, M., Belfiore, N., Terleth, J. ... Marinello, F. (2024). Digital Twins analysis as a tool to find new descriptors for grapevine bunch morphology categorisation and grey mould infection risk evaluation. *Biosystems Engineering*, 237, 71-82. doi:10.1016/j.biosystemseng.2023.10.019
- Zhang, J. ve Zhao, X. (2023). Digital twin of wind farms via physics-informed deep learning. *Energy Conversion and Management*, 293, 117507. doi:10.1016/j.enconman.2023.117507.

BÖLÜM 3
BİTKİ ISLAHINDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Doç. Dr. Tuğba KILIÇ¹¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567658>

¹¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye.
tugba.kilic@yobu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0528-7552

GİRİŞ

YZ, bitki ıslahında geleneksel yöntemlerin sınırlarını aşarak, süreci daha hızlı, etkili ve sürdürülebilir bir hale getiren yenilikçi bir araç olarak dikkat çekmektedir. YZ, geniş veri setlerinin analizinde sağladığı üstün performansla, bitkilerin genetik yapılarını ve fenotipik özelliklerini derinlemesine inceleme imkânı sunmaktadır. Bu teknoloji, genomik, fenomik, metabolomik ve diğer omik veri kaynaklarını birleştirerek, genetik ile çevresel faktörler arasındaki karmaşık ilişkileri modelleyebilmektedir. Böylece, genetik çeşitliliğin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve istenen özelliklere sahip bitki türlerinin geliştirilmesi daha sistematik bir hale gelmiştir (Mushtaq, Ahmed ve Zeng, 2024).

ML ve DL algoritmalarının kullanımıyla, genetik varyasyonların bitki performansı üzerindeki etkileri daha net bir şekilde ortaya konulmakta ve verimli gen kombinasyonları belirlenmektedir (Wang, Xuan, Wang, Li ve Lu, 2025). CRISPR-Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats - CRISPR-associated protein 9) gibi gen düzenleme yöntemleri, yapay zekâ (YZ) destekli modelleme süreçleriyle birleştirilerek bitki verimliliğini artırma ve iklim koşullarına dayanıklılığı geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır (Amjad Faruk ve diğerleri, 2024). Bunun yanı sıra, CropML ve PyCrop2ML gibi platformlar büyük veri setlerini işleyerek bitki ıslahında daha hızlı ve etkili karar süreçlerini mümkün kılmaktadır (Midingoyi ve diğerleri, 2023). YZ'nin başarılı bir şekilde uygulanması, veri kalitesi ve yönetiminin önemini de beraberinde getirmektedir. Genomik seçim süreçlerinde veri kalitesi büyük önem taşımaktadır. Eksik veri ve heterojen veri kaynakları, YZ algoritmalarının doğruluğunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunların üstesinden gelmek için veri temizleme ve entegrasyon süreçlerine odaklanılmaktadır. Ayrıca, bu süreçlerin yüksek hesaplama maliyetleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sınırlayıcı bir faktör olmuştur. Bulut tabanlı hesaplama altyapıları, bu maliyetlerin düşürülmesinde etkili çözümler sunmaktadır (Ménard, 2022; Razi ve Batan, 2023).

YZ, bitki ıslahı süreçlerini hızlandırırken, aynı zamanda çevresel değişimlere uyum sağlayabilecek daha dayanıklı ve verimli türlerin geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır. Tarımda sadece bilimsel değil, aynı zamanda çevresel ve ekonomik boyutlarıyla da oyunun kurallarını değiştiren bir teknolojidir. İklim değişikliğine adaptasyonda, karbon emilimini artıran veya ekstrem hava koşullarına dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde

önemli bir rol oynamaktadır (Marsh, Hu, Gill, Batley ve Edwards, 2021; Rai 2022; Berrigan ve diğerleri, 2024). Bununla birlikte, yapay zekâ uygulamalarının tarım ve genetik çalışmalardaki kullanımı, genetik çeşitliliğin korunması üzerindeki potansiyel risklerin yanı sıra, biyoteknolojik inovasyonların regülasyonu ve fikri mülkiyet hakları gibi etik ve yasal boyutları da beraberinde getirmektedir. Özellikle veri sahipliği, fikri mülkiyetin korunması ve teknolojik uygulamaların yasal düzenlemelere uygunluğu, bu teknolojilerin sürdürülebilir ve adil bir şekilde kullanılabilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Uddin, Chowdhury ve Kabir, 2024). Ek olarak, bu süreçlerdeki şeffaflık ve adaletin sağlanması, küresel ölçekte adil kaynak erişimini ve toplumsal faydayı artıracak şekilde ele alınmalıdır (Coeckelbergh, 2021). Yapay zekâ destekli teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasında, genetik çeşitliliği tehdit etmeyen, şeffaf ve adil uygulamaların benimsenmesi için etik standartların oluşturulması gereklidir. Ayrıca, fikri mülkiyet haklarının dikkatli bir şekilde ele alınması, hem inovasyonun teşvik edilmesi hem de ekonomik ve sosyal eşitliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır (Kumar, 2024).

Gelecekte, YZ'nin artırılmış gerçeklik ve robotik sistemlerle entegrasyonu, bitki fenotip analizinde devrim yaratabilir. YZ'nin bu kapsamlı uygulamaları, bitki ıslahında daha verimli, sürdürülebilir ve çevresel uyumluluğu yüksek süreçler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu bölüm, YZ'nin bitki ıslahı süreçlerindeki devrim niteliğindeki etkisini ortaya koyarken, bu teknolojilerin sürdürülebilir tarım uygulamalarını nasıl şekillendirebileceğini ortaya koymaktadır. YZ'nin bitki ıslahında sağladığı olanaklar, sadece tarımın geleceğini değil, aynı zamanda gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da büyük bir potansiyel taşımaktadır.

GELENEKTEN GELECEĞE: BİTKİ ISLAHINDA BÜTÜNCÜL YAKLAŞIMLAR

Bitki ıslahı, bitkilerin genetik yapısını iyileştirerek daha yüksek verim, kalite, biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık gibi istenen özelliklerin geliştirilmesini hedefleyen bir bilim dalıdır. İnsanların beslenme, çevre ve estetik ihtiyaçlarını karşılamak için bitki genetik potansiyelini optimize etmeyi amaçlayan bu süreç, tarih boyunca tarımın temel bir unsuru olmuştur. Günümüzde ise, geleneksel yöntemlerden modern genetik teknolojiler ve omik bilimlerin entegrasyonuna kadar geniş bir yelpazede gelişim göstermektedir. Bu kapsam, tarımsal üretimde hem bilimsel yenilikleri hem de

yerel genetik kaynakların korunmasını içeren bir dengeyi gerektirmektedir (Zhu, Li, Zhang ve Li, 2024).

Geleneksel bitki ıslahı yöntemleri, fenotipik özelliklere dayalı olup, istenilen karakterlerin doğal genetik varyasyon yoluyla iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Bu yöntemler arasında introdüksiyon, seleksiyon ve melezleme gibi teknikler yer almakta olup düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir yöntemlerdir. Bununla birlikte, genellikle uzun zaman almakta ve çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. Karmaşık genetik özelliklerin kontrolünde sınırlı kalan geleneksel yaklaşımlar, baskın genlerin seçimine ağırlık verirken çekinik genlerin seçimi için daha uzun ve zahmetli süreçler gerektirmektedir. Geleneksel yöntemlerle yeni bir bitki çeşidinin geliştirilmesi bitki türüne bağlı olarak on yıl veya daha uzun sürebilmektedir. Ancak, geleneksel yaklaşımlar yerel genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından hâlâ önemli bir rol oynamaktadır (Lamichhane ve Thapa 2022; Amjad Farooq ve diğerleri 2024; Sun ve diğerleri, 2024).

Modern bitki ıslahı yöntemleri, fenotipik özellikler yerine genotipik verilere dayalıdır ve daha hızlı, hassas ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır. Bu yöntemler, gen düzenleme araçlarını (örneğin, CRISPR-Cas9), markör destekli seleksiyonu ve genomik seleksiyonu içermektedir. Modern yaklaşımlar, omik bilimlerinin (genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik) sağladığı derinlemesine biyolojik veri analizleriyle desteklenmektedir. Omik bilimler, gen düzenleme ve seleksiyon süreçlerinde genetik varyasyonların kapsamlı analizine olanak sağlayarak hedef genlerin daha etkili bir şekilde belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu süreçler, genetik çeşitliliğin etkin kullanılmasını sağlarken çevresel faktörlerden bağımsız olarak karmaşık genetik özelliklerin iyileştirilmesine ve çekinik genlerin daha kolay seçilmesine imkân tanımaktadır. Bununla birlikte, yüksek maliyet, teknik bilgi ve altyapı gereksinimi gibi sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu teknolojilerin uygulanabilirliği sınırlıdır ve genetik erozyon riskini artırabileceği ile bazı yerel çeşitlerin kaybolmasına yol açabileceği belirtilmektedir (Xu ve diğerleri, 2022; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024; Sun ve diğerleri 2024). Ayrıca, gen düzenleme gibi teknolojilerin etik ve yasal boyutları halen uluslararası düzeyde tartışılmaktadır. CRISPR teknolojisinin tarımsal uygulamaları, etik ve yasal tartışmaların merkezinde yer almaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği'nde gen düzenleme yöntemleri geleneksel genetik modifikasyonlarla aynı şekilde

regüle edilirken, ABD’de daha esnek bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu farklılıklar, uluslararası ticaret ve tarımsal yeniliklerin yayılımını doğrudan etkilemektedir (Zhu ve diğerleri, 2024).

Geleneksel yöntemlerin sınırlamaları ve modern yaklaşımların ortaya koyduğu avantajlar, bitki ıslahının tarımsal üretimdeki önemini daha da artırmıştır. Ancak bu dönüşüm, 20. yüzyılın ortalarında gerçekleşen ve tarımda bir devrim yaratan Yeşil Devrim ile hız kazanmıştır. Yeşil Devrim, geleneksel yöntemlerin temel ilkelerini korurken, modern genetik bilimi ve tarım teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamış, böylece hem tarımsal üretimin hem de bitki ıslahı tekniklerinin dönüşümüne öncülük etmiştir (Lamichhane ve Thapa, 2022; Sun ve diğerleri, 2024).

Yeşil Devrim, genetik biliminin tarım uygulamalarına entegre edilmesiyle tarımsal üretimde büyük bir sıçrama yaratmıştır. Bu dönemde, yüksek verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, kimyasal gübre ve pestisitlerin yaygınlaşması ve sulama altyapısının modernleşmesiyle desteklenmiştir. Ancak bu süreç, genetik çeşitliliğin azalması ve çevresel sürdürülebilirlik sorunlarının ortaya çıkması gibi olumsuz sonuçlar da doğurmuştur. Monokültür uygulamalarının yaygınlaşması ve yoğun kimyasal kullanımı, toprak verimliliğinde azalma ve genetik erozyon riskini artırmıştır. Bu sorunlar, daha sürdürülebilir ve dengeli bir yaklaşıma duyulan ihtiyacı açık bir şekilde ortaya koymuştur (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024; Zhu ve diğerleri, 2024).

Yeşil Devrim’in ardından, tarımsal üretimde karşılaşılan zorlukları aşmak amacıyla genetik biliminin ilerlemesi ve dijital teknolojilerin entegrasyonu, modern ıslah yöntemlerini şekillendirmiştir. Multi-omik bilimler, genetik varyasyonların etkin değerlendirilmesine olanak tanımış; YZ ve büyük veri analitiği gibi teknolojiler, ıslah süreçlerini hızlandırarak tarımsal yeniliklere temel oluşturmuştur. Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu dönemde, hassas tarım uygulamalarıyla tarla düzeyinde veri toplanmış, bu veriler genomik araçlarla entegre edilerek hedefe yönelik ıslah stratejileri geliştirilmiştir (Sun ve diğerleri, 2024).

21. yüzyılda genomik verilerin büyük ölçekli analizi ve fenotipik verilerle ilişkilendirilmesi, bitki ıslahını “5G Çağı” olarak adlandırılan yeni bir döneme taşımıştır. Bu çağ, genom (genetik yapıların incelenmesi), gen kaynakları (genetik çeşitliliğin kullanımı), genler (özellikleri kontrol eden genetik elemanlar), genomik ıslah (modern genetik araçlarla ıslah) ve gen

düzenleme (genetik yapıların doğrudan değiştirilmesi) unsurlarının entegrasyonunu kapsamaktadır. 5G Çağı'nda CRISPR teknolojisi gibi gen düzenleme araçları daha kısa sürede optimize edilmiş, YZ destekli tahmin modelleriyle doğru ebeveyn seçimleri yapılmış ve çevresel değişimlere dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi hızlandırılmıştır. Bununla birlikte, bu süreçte yüksek boyutlu verilerin entegrasyonu, hesaplama altyapıları ve etik tartışmalar gibi zorluklar, teknolojilerin uygulanabilirliğini sınırlayan faktörler olmaya devam etmektedir (Varshney ve diğerleri, 2020).

5G Çağı, Yeşil Devrim'in getirdiği genetik bilinci, Tarım 4.0'ın dijital altyapısını ve multi-omik teknolojilerin bilimsel derinliğini birleştirerek tarımı dönüştürmektedir. Bu çağda genetik mühendisliği, büyük veri analitiği ve YZ gibi yenilikçi araçlar, bitki ıslahında yalnızca daha verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesini değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve estetik ihtiyaçların karşılanmasını da mümkün kılmıştır. Geleneksel yöntemlerin bilgeliği ve modern yaklaşımların yenilikçi araçları birleştirilerek hem tarımsal verimliliğin artırılması hem de çevresel sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir (Jape, Mungase, Thite ve Jadhav, 2023) .

Bitki ıslahının geleceği, geleneksel ve modern yaklaşımların entegrasyonunda yatmaktadır. Bu entegrasyon, iklim değişikliği ve küresel tarımsal ihtiyaçlar göz önüne alındığında, bitkisel üretimde sürdürülebilir çözümler oluşturmak için kritik öneme sahiptir. Bu dengeli yaklaşım, hem biyoçeşitliliği koruma hem de yenilikçi tarımsal uygulamaları destekleme hedefleri doğrultusunda önemli bir rol oynamaktadır.

Gelecekte, genom dizileme ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerin ilerlemesi, bitkilerin genetik yapısına dair daha derin bilgiler sağlayarak daha hassas müdahalelere olanak tanıyacaktır. Ayrıca YZ ve ML gibi teknolojilerin etkisiyle, ıslah stratejileri daha öngörülebilir hale gelecek ve karar verme süreçleri daha doğru sonuçlar sağlayacaktır. Genetik mühendisliği, genom düzenleme ve veri analiz teknolojileriyle desteklenen bitki ıslahı, hem tarımın geleceğini şekillendirecek hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır (Lamichhane ve Thapa, 2022). 5G Çağı, bu bütüncül yaklaşımıyla tarımı bir sonraki evreye taşıyarak, insanlığın ve ekosistemin ihtiyaçlarını karşılamak için bir yol haritası sunmaktadır.

YAPAY ZEKÂYA GENEL BİR BAKIŞ

YZ, bilgisayar sistemlerinin insan zekâsına benzeri düşünme, öğrenme, karar verme ve problem çözme yetenekleri sergilemesini sağlayan

bir teknoloji alanıdır (Mushtaq ve diğerleri, 2024). Bilimsel bir perspektiften, YZ, istatistik, bilgisayar bilimi, sinirbilim ve matematik gibi birçok disiplinin birleşiminden oluşmaktadır. YZ, genellikle veri analitiği, ML, DL ve doğal dil işleme (NLP) gibi alt disiplinleri içermektedir. Bu disiplinler, büyük veri setlerini analiz ederek, öğrenme ve sonuç çıkarma süreçlerini sürekli geliştirebilen algoritmalara dayanmaktadır. Büyük veri setlerini işleme, karmaşık sorunları çözme ve geleceğe yönelik tahminler yapma kapasitesine sahiptir. Yalnızca önceden tanımlanmış kurallara göre çalışmakla kalmayıp, yeni bilgileri öğrenerek değişen durumlara adapte olabilmektedir (Mushtaq ve diğerleri, 2024; Negus ve diğerleri 2024).

ML, YZ'nin temel taşıdır ve veri odaklı bir yaklaşımla bilgisayarlara öğrenme yetisi kazandırmaktadır. DL, insan beynindeki nöronları taklit eden yapay sinir ağları ile daha karmaşık yapıları ve ilişkileri anlamlandırmaktadır. Bilgisayarlı görü ise görüntüleri algılamaya ve anlamlandırmaya yönelik bir YZ dalıdır. Tüm bu yöntemler, gerçek dünyada çok çeşitli uygulamalar bulmakta ve toplumun her alanında derin etkiler yaratmaktadır (Negus, Li, Welch ve Yu, 2024).

YZ, çok çeşitli sektörlerde yenilikçi çözümler sunarak insan faaliyetlerini dönüştürmektedir. Sağlık alanında, YZ, tıbbi görüntülerin analiz edilmesi, hastalıkların erken teşhisi ve ilaç geliştirme süreçlerinde kullanılmaktadır. Eğitim sektöründe, bireyselleştirilmiş öğrenme platformları, öğrenci ihtiyaçlarına uygun içerik sunarak öğrenim sürecini optimize ederken, otomatik değerlendirme sistemleri, öğretmenlerin iş yükünü hafifletmektedir. Finans sektöründe, dolandırıcılık tespitinden portföy optimizasyonuna kadar geniş bir yelpazede hizmet sunmaktadır. ML modelleri, kullanıcı harcama alışkanlıklarını analiz ederek güvenlik açıklarını tespit etmekte ve risk yönetimini geliştirmektedir. Ulaşımında otonom araçlar, trafik akışının optimize edilmesi ve rota planlaması gibi alanlarda YZ teknolojisinin etkisi giderek artmaktadır. Savunma, e-ticaret, enerji ve tarım gibi diğer alanlarda da yenilikçi çözümler sunmaktadır. Tarımda mahsul verimliliğini artırmak için kullanılan görüntü işleme sistemleri, iklim tahminleri ve kaynak optimizasyonu gibi uygulamalar, YZ'nin doğrudan toplumsal sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğunu göstermektedir. YZ, özellikle tarım ve bitki ıslahı gibi alanlarda verimliliği artıran ve yenilikçi çözümler sunan bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Mushtaq ve diğerleri, 2024).

Tarımda YZ uygulamalarında kullanılan yöntemler, ileri düzey teknolojiler ve algoritmalarla desteklenmektedir. Bilgisayarlı görü, tarımda en

yaygın kullanılan teknolojilerden biridir. Görüntü işleme algoritmaları, mahsul sağlığını analiz etmek, hastalık ve zararlıları tespit etmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan DL modelleri arasında Convolutional Neural Networks (CNN) ve You Only Look Once (YOLO) gibi sistemler bulunmaktadır (Nie, Wang, Li ve Chao, 2022; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024).

ML algoritmaları, çiftlik yönetiminden kaynak optimizasyonuna kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Örneğin, Random Forest (RF), karar ağaçları ve k-en yakın komşu (k-NN) algoritmaları, toprak ve iklim verilerini analiz ederek doğru tahminlerde bulunmaktadır. Bunun yanında, NLP teknolojileri, çiftçilere yönelik sesli asistanlar ve chatbotlar aracılığıyla bilgi sağlamaktadır (Nie ve diğerleri, 2022; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024; Negus ve diğerleri, 2024).

Otonom sistemler, tarım makinelerinin insan müdahalesi olmadan çalışmasını sağlamaktadır. Sensörler ve GPS tabanlı sistemler, otonom traktörlerin doğru şekilde yönlendirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, robotik hasat sistemleri, ürünlerin hızlı ve verimli bir şekilde toplanmasını kolaylaştırmaktadır. Otonom traktörler ve robotik hasat sistemleri, CNN ve Reinforcement Learning gibi algoritmalarla desteklenmektedir. CNN'ler, görüntü tabanlı engel tespiti ve yol planlama için kullanılırken, Reinforcement Learning, değişen çevre koşullarına adaptasyonda etkili olmaktadır. Bu sistemler, özellikle yoğun çiftçilik faaliyetlerinde insan iş gücünü azaltırken verimliliği artırmaktadır (Nie ve diğerleri, 2022).

Tarımda kullanılan süreçler ve teknolojiler, YZ'nin sağladığı ileri düzey analitik ve otomasyon kapasiteleriyle birleşerek sürdürülebilirliği artırmaktadır. IoT sensörleri ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), büyük veri kümelerini analiz ederek çiftçilere gerçek zamanlı bilgi sağlamaktadır. Blockchain teknolojisi ise tarımsal tedarik zincirlerinin şeffaflığını artırarak ürünlerin üretimden tüketiciye kadar izlenebilirliğini sağlamaktadır (Pranto, Noman, Mahmud ve Haque, 2021; Nie ve diğerleri, 2022).

YAPAY ZEKÂNIN BİTKİ ISLAHINDAKİ BAZI UYGULAMALARI

YZ, bitki ıslahı süreçlerinde çığır açan yenilikler sunarak fenotipleme, genomik seçim, çevresel uyum ve karar destek sistemleri gibi alanlarda büyük bir dönüşüm yaratmıştır. Modern tarımın karşı karşıya olduğu gıda güvenliği, iklim değişikliği ve kaynak kısıtlamaları gibi zorluklara çözüm sunan YZ,

geleneksel yöntemleri dönüştürmekte ve geleceğin tarımsal inovasyonlarını şekillendirmektedir. Aşağıda, bu teknolojinin çeşitli uygulama alanları detaylandırılmış ve somut örneklerle desteklenmiştir (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024; Mushtaq ve diğerleri, 2024).

Fenotipik Verilerin Otomatik Analizi

Fenotipleme, bitki ıslahının temel taşlarından biri olmakla birlikte, geleneksel yöntemler zaman alıcı, iş gücü yoğun ve hata payına açık bir yapıya sahiptir. Bu durum, büyük ölçekteki tarımsal alanlarda verimli analiz yapılmasını zorlaştırmaktadır. YZ tabanlı görüntü işleme ve veri analitiği, bu süreci daha hızlı, hassas ve ölçeklenebilir hale getirerek fenotipleme çalışmalarında devrim yaratmıştır (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024).

Fenotipleri sistematik olarak inceleyen bitki fenotiplemesi, geleneksel yöntemlerin sınırlamaların üstesinden gelmek için umut vaat etmektedir. Gelişmiş görüntüleme sensörleriyle donatılmış fenomik platformlar, çeşitli bitki özelliklerinin ve çevre koşullarının büyük ölçekli fenotiplemesinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024). Bu platformlar sabit veya mobil sensörleri kullanabilmektedir. Basitlikleri ve bakım kolaylıkları nedeniyle kuleler ve diğer sabit platformlar genellikle büyüme evrelerini izlemek için kullanılmaktadır. Örneğin, kalıcı bir fenotipleme kulesine monte edilen dijital kameralar, pirinç büyümesini, azot içeriğini, yaprak alanı indeksini ve pirinç böceklerinin varlığını izlemek için kullanılmıştır (Shibayama ve diğerleri, 2011; Fukatsu, Watanabe, Hu, Yoichi ve Hirafuji, 2012).

-Bilgisayarla Görme ve Drone Tabanlı Sistemler: Drone'lar ve sabit kameralar, geniş tarım alanlarının fenotipik özelliklerini görüntülemek ve veri toplamak için kullanılmaktadır. Bu sistemler, yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlayarak bitki sağlığı, büyüme hızı, yaprak rengi ve hastalık belirtileri gibi fenotipik özelliklerin hızlı ve etkili bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır. Özellikle CNN gibi derin öğrenme algoritmaları, bu görüntülerin işlenmesinde hastalıkların erken teşhisinde ve bitkisel stres belirtilerinin tespitinde yüksek doğruluk oranları sunmaktadır (Eftekhari, Ma ve Orlov, 2024; Mushtaq ve diğerleri, 2024). Multispektral ve hiperspektral görüntüleme teknikleri, bitki yapılarındaki su içeriği, besin durumu ve hastalık stresini algılamada daha detaylı analizler sağlamaktadır (Wang ve diğerleri, 2023). Ancak, düşük ışık koşulları veya yoğun bulutlu hava gibi çevresel faktörler veri kayıplarına yol açabilmektedir. Bu sorunu gidermek

için, düşük ışık performansını artıran sensör teknolojileri ve multispektral kameraların kullanımı giderek yaygınlaşmıştır (Mushtaq ve diğerleri, 2024).

-ChronoRoot Sistemi: Kök sistemlerinin analizi, bitki dayanıklılığının ve besin alım verimliliğinin değerlendirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. ChronoRoot Sistemi, zaman serisi görüntüleme ve DL algoritmalarını kullanarak kök uzunluğu, dallanma ve diğer fenotipik özellikleri otomatik olarak ölçmektedir. Bu sistem, özellikle ResUNet ve SegNet gibi DL modellerini kullanarak, kök yapılarını yüksek hassasiyetle analiz etmektedir. ChronoRoot Sistemi, kuraklık dayanıklılığı artırmaya yönelik ıslah çalışmaları için önemli bir araç haline gelmiştir. Bu teknoloji, kök yapılarındaki karmaşık dinamikleri doğru bir şekilde modelleyerek, kuraklık ve su stresi toleransı yüksek genotiplerin seçimini hızlandırmıştır (Negus ve diğerleri, 2024).

-Hastalık Tespiti ve Yönetimi: Yapay sinir ağları, bitki yapraklarındaki hastalıkları erken evrede teşhis edebilmektedir. Hastalıklar, YZ tabanlı DL algoritmalarıyla hızlı bir şekilde teşhis edilmiştir. YOLO algoritması gibi modeller, zararlı ve hastalıkların tespitinde üstün performans göstermiştir. Çevresel gürültüye rağmen yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır (Eftekhari ve diğerleri, 2024).

Genomik Seçim ve Genetik Modelleme

Genetik verilerden fenotipik sonuçlar elde etmek, bitki ıslahının en karmaşık ve kritik süreçlerinden biridir. YZ, bu süreçlerde devrim niteliğinde değişiklikler yaratarak genomik seçim ve genetik modelleme gibi alanlarda hızlı ve doğru çözümler sunmaktadır. YZ tabanlı algoritmalar, genetik verilerin analizini optimize ederek, genotip x çevre etkileşimlerini daha doğru bir şekilde modellemekte ve fenotipik sonuçları tahmin etmede üstün performans sağlamaktadır (Xu ve diğerleri, 2022; Zhu ve diğerleri, 2024).

-Genomik Seçim: Genomik seçim, genetik belirteçler ile fenotipik özellikler arasındaki ilişkiyi analiz ederek istenen özelliklere sahip bireyleri seçmeyi mümkün kılmaktadır. YZ tabanlı modeller, genotip x çevre etkileşimlerini hesaba katarak daha doğru tahminler sunmaktadır (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024; Zhu ve diğerleri, 2024). Tarım ürünlerinde, YZ destekli yüksek verimli genetik seçim sistemleriyle fenotipik özelliklerin daha doğru ve hızlı bir şekilde tanımlanması mümkün olmuştur. Bu süreç, tarımda daha dayanıklı ve verimli çeşitlerin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Xu ve diğerleri 2022; Zhu ve diğerleri, 2024). YZ'nin genomik seçimdeki başarısı, kullanılan ML algoritmaları ile desteklenmektedir. Bu

algoritmalarından Support Vector Machines (SVMs), genetik belirteçlerin analizinde ve sınıflandırılmasında etkili bir algoritmadır. Genetik varyasyonların fenotipik özellikler üzerindeki etkilerini anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Deep Neural Networks (DNNs), karmaşık gen-çevre etkileşimlerini modelleyerek, genetik varyasyonların fenotipik özellikler üzerindeki etkilerini tahmin etmekte üstün performans göstermektedir. Büyük genomik veri setleriyle çalışırken yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır. RF ise özellikle büyük genomik veri setlerinin analizinde tercih edilen bir algoritmadır. Çoklu genetik belirteçlerin etkilerini modellemek ve çevresel faktörlerle ilişkilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. YZ'nin genomik seçimdeki yenilikçi uygulamalarından biri olan TraitSeq, kuraklık toleransı, verim ve hastalıklara dayanıklılık gibi kompleks özellikleri tahmin etmekte etkili bir araçtır. Bu sistem, büyük genomik veri setlerini analiz ederek genetik çeşitliliği daha etkin bir şekilde değerlendirmekte ve ıslah süreçlerini hızlandırmaktadır (Kundu, 2024; Negus ve diğerleri, 2024) .

-CRISPR ile Gen Düzenleme: CRISPR gibi gen düzenleme teknolojileri, YZ algoritmalarıyla entegre edilerek hedef genlerin seçimi, düzenlenmesi ve optimizasyonunda büyük yenilikler sunmaktadır. YZ'nin sağladığı tahmine dayalı modelleme ve veri analitiği, CRISPR teknolojisinin etkinliğini artırmakta ve gen düzenleme süreçlerini daha hassas hale getirmektedir. Bu entegrasyon, özellikle kuraklık ve sıcaklık toleransı gibi kompleks özelliklerin iyileştirilmesinde ve çevresel streslere dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Sampath, Santhosh, Datta ve Arun, 2023; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024). YZ tabanlı algoritmalar, genetik verilerdeki büyük veri setlerini analiz ederek CRISPR hedeflerini belirlemede kullanılır. Özellikle DNNs ve diğer ML algoritmaları, genetik dizilerdeki belirli gen bölgelerini tespit etmek ve bu bölgelerin düzenlenebilirliğini değerlendirmek için etkili araçlar sunmaktadır. Bu sayede, gen düzenleme süreçleri daha az hata ile uygulanmakta ve düzenlenen genlerin istenen özellikleri sağlamadaki başarı oranı artmaktadır. CRISPR teknolojisi, tarım ürünlerinde biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklılığı artırmak amacıyla başarıyla uygulanmaktadır (Rai, 2022; Negus ve diğerleri, 2024).

CRISPR, genomik seçim süreçlerine entegre edilerek, hedef genlerin seçimi ve düzenlenmesini daha verimli hale getirmiştir. Bu entegrasyon, genetik kazancın hızlandırılmasını ve çevresel stres faktörlerine dayanıklı bitkilerin daha kısa sürede geliştirilmesini sağlamıştır (Rai, 2022).

İklim Değişikliğine Dayanıklı Çeşitlerin Geliştirilmesi

İklim değişikliği, tarımsal üretim sistemlerini tehdit eden en büyük zorluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. YZ, genotip x çevre etkileşimlerini modelleyerek çevresel stres faktörlerine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde kritik bir araç olarak kullanılmaktadır. YZ tabanlı modeller, genetik ve çevresel verileri entegre ederek daha dayanıklı ve verimli bitkilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Xu ve diğerleri, 2022).

-Enviromik Veri Entegrasyonu: Enviromik veri entegrasyonu, çevresel faktörlerin (yağış, sıcaklık, ışık gibi) genetik verilerle bir araya getirilmesini sağlayan bir yaklaşımdır. Bu entegrasyon, çevresel streslere dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. YZ algoritmaları, genetik ve çevresel veriler arasındaki ilişkileri analiz ederek bu süreci daha hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirmektedir. Bu yöntem, geleneksel yöntemlere kıyasla genetik kazancı artırarak daha kısa sürede çevresel streslere dayanıklı çeşitlerin seçilmesini sağlamıştır (Sampath ve diğerleri, 2023).

-Tahmin ve Simülasyon Modelleri: YZ tabanlı tahmin ve simülasyon modelleri, gelecekteki çevresel senaryolar altında bitki performansını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu modeller, tarımsal üretimde çevresel değişimlere uyum sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle kuraklık ve aşırı sıcaklık gibi stres faktörlerine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde etkili araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu modeller, çevresel stres faktörlerinin bitki performansı üzerindeki etkilerini daha doğru bir şekilde analiz ederek daha etkili ıslah stratejileri oluşturmuştur (Eftekhari ve diğerleri, 2024).

-Entegre Genomik-Çevresel Tahmin (Integrated Genomic-Enviromic Prediction - iGEP): iGEP modeli, genetik (G), fenotipik (P) ve çevresel (E) verileri entegre ederek genetik ve çevresel faktörlerin bitki performansı üzerindeki etkilerini daha doğru bir şekilde analiz etmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. iGEP, genotip x çevre etkileşimlerini modelleyerek çevresel streslere dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesini hızlandırmaktadır. Bu yöntem, genetik kazancı artırarak mahsullerin çevresel uyumunu optimize etmektedir. Genetik, fenotipik ve çevresel verilerin bir araya getirilmesi, ıslah süreçlerinin daha doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu model, özellikle iklim değişikliğine uyum sağlamak için kritik bir araçtır (Rai, 2022; Xu ve diğerleri, 2022).

Multi-Omik Verilerin Analizi ve Entegrasyonu

Multi-omik bilimler, genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik gibi veri türlerini bir araya getirerek, bitki biyolojisinin ve genetik çeşitliliğin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Ancak, bu büyük ve karmaşık veri kaynaklarının entegrasyonu, geleneksel analiz yöntemleriyle çözülmesi zor bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. YZ, bu sorunu aşmak için güçlü araçlar sunarak, büyük ölçekli multi-omik veri setlerinin analizini ve entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Multi-omik yaklaşımlar, fotosentez verimliliğini artırmak ve stres tepkilerini optimize etmek için başarıyla uygulanmıştır (Rai, 2022; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024).

-Özellik Seçimi ve Boyut İndirgeme: Büyük veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkarma sürecinde YZ algoritmaları kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle boyut indirgeme yöntemleri ve özellik seçimi, multi-omik veri analizi için temel araçlardır. Autoencoder tabanlı sinir ağları, karmaşık multi-omik veri setlerini analiz ederek yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır (Sampath ve diğerleri, 2023; Amjad Farooq ve diğerleri, 2024). YZ modelleri, verim ve stres dayanıklılığı gibi kompleks özellikleri tahmin etmek için etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, sıcaklık ve kuraklık gibi çevresel stres faktörlerine dayanıklı genotiplerin belirlenmesi, YZ tabanlı multi-omik analizlerle hızlanmıştır (Amjad Farooq ve diğerleri, 2024).

Veri Entegrasyonu: Genetik, fenotipik ve çevresel verilerin bir arada analiz edilmesi, multi-omik yaklaşımlar için büyük bir zorluktur. YZ araçları, bu tür veri entegrasyonlarını gerçekleştirmek için etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu tür entegrasyonlar, genetik varyasyonların fenotipik sonuçlar üzerindeki etkilerini daha doğru şekilde modellemektedir. Gradient Boosting Machines (GBMs) algoritmaları, fenotip-genotip ilişkilerini modellemede etkili bir yöntemdir. Özellikle genetik belirteçlerin fenotipik özelliklerle olan ilişkisini daha doğru bir şekilde analiz etmek için kullanılmıştır (Negus ve diğerleri, 2024; Zhu ve diğerleri, 2024). YZ tabanlı sistemler, büyük ve karmaşık veri setlerini işleyerek genetik varyasyonların fenotipik sonuçlar üzerindeki etkilerini daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu, bitki ıslahı süreçlerinde daha iyi kararlar alınmasına olanak tanımaktadır (Xu ve diğerleri, 2022).

Hassas Tarım ve Karar Destek Sistemleri

YZ, hassas tarım uygulamalarında çiftçilere ve bitki ıslahçılara daha etkili ve doğru kararlar almalarına yardımcı olacak güçlü karar destek sistemleri sunmaktadır. Bu sistemler, tarımsal üretimin verimliliğini artırırken, sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyerek doğal kaynakların etkin kullanımını sağlamaktadır. Hassas tarım uygulamaları, tarımsal üretimde kaynak kullanımını optimize ederek verimliliği artırmaktadır (Nie ve diğerleri, 2022).

-Verim Tahmini ve Çaprazlama Stratejileri: YZ algoritmaları, mahsul verimini tahmin etmek ve optimal genetik kombinasyonları belirlemek için kullanılan yenilikçi araçlardır. Bu sistemler, genetik, fenotipik ve çevresel verileri entegre ederek mahsul performansını tahmin etmede yüksek doğruluk oranları sunmaktadır. Bu yüksek doğruluk oranı, çiftçilerin ve ıslahçıların genetik kaynakları daha verimli kullanmasını sağlamaktadır. Drone tabanlı bir görüntüleme sistemi olan CropQuant-Air, verim performansını değerlendirmek için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. YZ algoritmaları, bu sistemin doğruluğunu ve etkinliğini artırarak tarımsal üretimde veri tabanlı karar alma süreçlerini güçlendirmiştir (Mushtaq ve diğerleri, 2024). Optimal genetik kombinasyonların belirlenmesinde kullanılan YZ modelleri, genetik kazancı artırarak daha verimli ve dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Zhu ve diğerleri, 2024).

-Kaynak Yönetimi: YZ destekli hassas tarım sistemleri, su, gübre ve enerji gibi kaynakların etkin kullanımını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Bu sistemler, sensör teknolojileri ve veri analitiği ile tarla düzeyinde gerçek zamanlı gözlem ve kontrol imkânı sunmaktadır. Toprak nemi, sıcaklık ve diğer çevresel parametreleri analiz eden YZ destekli sensörler, suyun optimum seviyede kullanılmasını sağlamaktadır. Bu, kuraklık gibi çevresel stres faktörlerinin etkisini azaltırken, suyun israfını önlemektedir. Bitki gelişim aşamalarını izleyen ve besin gereksinimlerini tahmin eden YZ tabanlı sistemler, gübre kullanımını optimize etmektedir. Bu, hem maliyetleri düşürmekte hem de çevresel kirliliği azaltmaktadır (Nie ve diğerleri, 2022).

Gelişmekte Olan Ülkelerde Uygulamalar

YZ, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu çözümleriyle küçük çiftlikler ve gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimi desteklemek için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, tarımsal süreçlerde yenilikçi

yaklaşımlar sunarak, sınırlı kaynaklarla çalışan çiftçilerin verimliliğini artırmakta ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmektedir.

-Akıllı Telefon Tabanlı Görüntüleme Sistemleri: YZ destekli akıllı telefon uygulamaları, çiftçilere mahsul sağlığını gerçek zamanlı olarak izleme imkânı sunmaktadır. Bu sistemler, yaprak hastalıkları, zararlılar veya besin eksikliklerini tespit etmek için görüntü işleme algoritmalarını kullanmaktadır. Akıllı telefon uygulamaları, çiftçilere düşük maliyetle tarla durumunu analiz etme ve hastalık yönetimi stratejileri geliştirme olanağı sağlamaktadır (Sun ve diğerleri, 2024).

-Düşük Maliyetli Sensörler: Düşük maliyetli sensörler, toprak nemi, sıcaklık ve bitki büyümesi gibi parametreleri izleyerek çiftçilere değerli bilgiler sunmaktadır. Bu sensörler, su ve gübre gibi kaynakların optimum kullanımını teşvik ederek maliyetleri düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Nie ve diğerleri, 2022; Negus ve diğerleri, 2024).

Açık Kaynaklı YZ Modelleri: Açık kaynaklı YZ modelleri, çiftçilere ve yerel tarım uzmanlarına düşük maliyetli, özelleştirilebilir çözümler sunmaktadır. Bu modeller, tarımsal verim tahmini, mahsul izleme ve çevresel risk yönetimi gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır (Nie ve diğerleri, 2022; Xu ve diğerleri, 2022).

KAYNAKÇA

- Berrigan, E. M., Wang, L., Carrillo, H., Echegoyen, K., Kappes, M., Torres, J., Pereira, T. D. (2024). Fast and efficient root phenotyping via pose estimation. *Plant Phenomics*, 6(April), 0175. doi:10.34133/plantphenomics.0175.
- Coeckelbergh, M. (2021). AI for climate: Freedom, justice, and other ethical and political challenges. *AI Ethics*, 1, 67–72. doi:10.1007/s43681-020-00007-2.
- Eftekhari, M., Ma, C., ve Orlov, Y. L. (2024). Applications of artificial intelligence, machine learning, and deep learning in plant breeding. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1420938. doi:10.3389/fpls.2024.1420938.
- Farooq, M. A., Gao, S., Hassan, M. A., Huang, Z., Rasheed, A., Hearne, S., ... Li, H. (2024). Artificial intelligence in plant breeding. *Trends in Genetics*, 40(10), 891-908. doi:10.1016/j.tig.2024.07.001.
- Fukatsu, T., Watanabe, T., Hu, H., Yoichi, H., ve Hirafuji, M. (2012). Field monitoring support system for the occurrence of *Leptocorisa chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae) using synthetic attractants, field servers, and image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 80, 8-16. doi:10.1016/j.compag.2011.10.005.
- Jape, S. D., Mungase, K. V., Thite, V. B., ve Jadhav, D. (2023). A comprehensive analysis on 5G, IoT and its impact on agriculture and healthcare. *2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)*, Trichy, India, 1599-1605. doi:10.1109/ICAISS58487.2023.10250552.
- Kumar, D. P. (2024). Responsible adoption of artificial intelligence in agriculture: Ensuring ethical, transparent, and sustainable outcomes. In Sharma, S. K., Dwivedi, Y. K., Metri, B., Lal, B., ve Elbanna, A. (Ed.), *Transfer, diffusion and adoption of next-generation digital technologies. IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Cilt 697). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-031-50188-3_8.
- Kundu, V. (2024). Artificial intelligence (AI): Cultivating innovation in crop breeding. *Food and Scientific Reports*, 5(3), 21-27.
- Lamichhane, S., ve Thapa, S. (2022). Advances from conventional to modern plant breeding methodologies. *Plant Breeding and Biotechnology*, 10(1), 1-14. doi:10.9787/PBB.2022.10.1.1.

- Marsh, J.I., Hu, H., Gill, M. Batley J., Edwards D. (2021). Crop breeding for a changing climate: integrating phenomics and genomics with bioinformatics. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(10), 1677-1690. doi:10.1007/s00122-021-03820-3.
- Ménard, T. (2022). Good quality practices for artificial intelligence in genetics. *European Journal of Human Genetics*, 30(9), 993–995. doi:10.1038/s41431-022-01061-6.
- Midingoyi, C. A., Pradal, C., Enders, A., Fumagalli, D., Lecharpentier, P., ... Martre, P. (2023). PyCrop2ML: Python library to exchange and reuse crop model components between languages and platforms. *Software, Zenodo*. doi:10.5281/zenodo.7982898.
- Midingoyi, C. A., Pradal, C., Enders, A., Fumagalli, D., Raynal, H., Donatelli, M., Martre, P. (2021). Crop2ML: An open-source multi-language modeling framework for the exchange and reuse of crop model components. *Environmental Modelling and Software*, 142, 105055. doi:10.1016/j.envsoft.2021.105055.
- Mushtaq, M. A., Ahmed, H. G. M.-D., ve Zeng, Y. (2024). Applications of artificial intelligence in wheat breeding for sustainable food security. *Sustainability*, 16(5688). doi:10.3390/su16135688.
- Negus, K. L., Li, X., Welch, S. M., ve Yu, J. (2023). The role of artificial intelligence in crop improvement. *Advances in Agronomy*, 184. Elsevier. doi:10.1016/bs.agron.2023.11.001.
- Nie, J., Wang, Y., Li, Y., ve Chao, X. (2022). Artificial intelligence and digital twins in sustainable agriculture and forestry: A survey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(5), 5. doi:10.55730/1300-011X.3033.
- Pranto, T. H., Noman, A. A., Mahmud, A., ve Haque, A. B. (2021). Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture. *PeerJ Computer Science*, 7, e407. doi:10.7717/peerj-cs.407.
- Rai, K. K. (2022). Integrating speed breeding with artificial intelligence for developing climate-smart crops. *Molecular Biology Reports*, 49, 11385-11402. doi:10.1007/s11033-022-07769-4.
- Rai, K. K. (2022). Integrating speed breeding with artificial intelligence for developing climate-smart crops. *Molecular Biology Reports*, 49, 11385-11402. doi:10.1007/s11033-022-07769-4.
- Razi, M., ve Batan, A. (2023). Opportunities and challenges of cloud computing in developing countries. *Artificial Intelligence in Society*, 3(1), 1-8.

- Sampath, L., Santhosh, V., Datta, H. M., ve Arun, T. (2023). What is artificial intelligence in plant breeding? *Just Agriculture*, 3(11), 352-358.
- Shibayama, M., Sakamoto, T., Takada, E., Inoue, A., Morita, K., Takahashi, W., ve Kimura, A. (2011). Estimating paddy rice leaf area index with fixed point continuous observation of near infrared reflectance using a calibrated digital camera. *Plant Production Science*, 14(1), 30-46. doi:10.1626/pps.14.30.
- Sun, L., Lai, M., Ghouri, F., Nawaz, M. A., Ali, F., Baloch, F. S., ... Shahid, M. Q. (2024). Modern plant breeding techniques in crop improvement and genetic diversity: From molecular markers and gene editing to artificial intelligence—A critical review. *Plants*, 13(2676). doi:10.3390/plants13192676.
- Uddin, M., Chowdhury, A., ve Kabir, M. A. (2024). Legal and ethical aspects of deploying artificial intelligence in climate-smart agriculture. *AI & Society*, 39, 221–234. doi:10.1007/s00146-022-01421-2.
- Varshney, R. K., Sinha, P., Singh, V. K., Kumar, A., Zhang, Q., ve Bennetzen, J. L. (2020). 5Gs for crop genetic improvement. *Current Opinion in Plant Biology*, 56, 190-196. doi:10.1016/j.pbi.2019.12.004.
- Wang, G., Xuan, J., Wang, P., Li, C., ve Lu, J. (2025). LSTM autoencoder-based deep neural networks for barley genotype-to-phenotype prediction. In Gong, M., Song, Y., Koh, Y. S., Xiang, W., ve Wang, D. (Ed.), *AI 2024: Advances in Artificial Intelligence. Lecture Notes in Computer Science* (Cilt 15442). Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-96-0348-0_25.
- Wang, X., Zeng, H., Lin, L., Huang, Y., Lin, H., ve Que, Y. (2023). Deep learning-empowered crop breeding: Intelligent, efficient and promising. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1260089. doi:10.3389/fpls.2023.1260089.
- Xu, Y., Zhang, X., Li, H., Zheng, H., Zhang, J., Olsen, M. S., ... Qian, Q. (2022). Smart breeding driven by big data, artificial intelligence, and integrated genomic-enviromic prediction. *Molecular Plant*, 15(10), 1664-1695. doi:10.1016/j.molp.2022.09.001.
- Zhu, W., Li, W., Zhang, H., ve Li, L. (2024). Big data and artificial intelligence-aided crop breeding: Progress and prospects. *Journal of Integrative Plant Biology*, 00, 1-18. doi: 10.1111/jipb.13791.

BÖLÜM 4

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE HASAT SONRASI BAHÇE BİTKİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. Fırat İŞLEK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567662>

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye f.islek@alparslan.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-3157-3680>

GİRİŞ

Küresel ısınma ve bunun sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliği, son 150 yıldır insanlığı etkileyen kademeli bir durumdur ve hızı yeryüzündeki sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte artış göstermiştir. Bu durum, mevsime bağlı faaliyetleri, ürün çeşitliliğini, ürün verimini ve kalitesini etkileyen bölgesel düzeydeki hava koşullarında meydana gelen sürekli ve yavaş bir değişimdir (Ladaniya, 2015).

Dünya atmosferindeki en büyük değişiklik, sanayi devriminin başlangıcından bu yana yaklaşık %25 oranında artan CO₂ konsantrasyonudur. CO₂ konsantrasyonu sanayi dönemi öncesindeki yaklaşık 280 ppm seviyesinden 2010 yılında 393 ppm'e yükselmiştir. Bu yüzyılın sonuna kadar yapılan tahminler, atmosferik (CO₂) değerinin 700 ppm veya daha fazla olacağını, küresel sıcaklığın ise sera gazı emisyon senaryosuna bağlı olarak 1.8-4.0 °C artacağını göstermektedir (IPCC, 2007). Karbondioksit bitkilerde fotosentezi arttırmakta ve solunumu azaltmaktadır; bu etkilerin bitki büyümesini arttırmasının yanı sıra çeşitli diğer süreçleri de etkilemesi beklenmektedir (Kumar, 2013). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 2050 yılına kadar dünyanın ortalama sıcaklığının 2 ila 5 °C veya daha fazla artabileceğini ve atmosferik CO₂ konsantrasyonunun 550 ppm'den fazla olacağını öngörmektedir. Özellikle tropikal ve yarı tropikal iklimlerin sıcaklıklarda ciddi artışlar ve daha düzensiz yağışlar yaşaması öngörülmektedir (Jarvis ve ark., 2010).

İklim değişikliğinin tarımsal verimliliği halihazırda etkilediğini ve önümüzdeki yıllarda tarım kültürü üzerinde artan bir baskı oluşturacağını gösteren kanıtlar giderek artmaktadır. Yakın geçmişte dünyanın farklı bölgelerinde yaşanan ve rekor kıran aşırı hava olayları, iklim değişikliğinin getireceği zorluklara dair bir fikir vermektedir. Kaydedilen iklimsel veri setlerinin analizi, on dokuzuncu yüzyılın sonlarından bu yana dünya yüzeyinde 0.3 °C ila 0.6 °C arasında bir ısınma olduğunu açıkça göstermektedir. Ortalama küresel sıcaklık son 100 yılda 0.8 °C artmıştır ve 2100 yılına kadar 1.8 °C ile 4.0 °C artması beklenmektedir (Ray, 2015). Bununla birlikte, bitkilerin fizyolojik süreçlerinin bir kısmı sıcaklık, ozon, ultraviyole radyasyon, besin maddeleri ve sudaki değişikliklerden de etkilenmektedir ve bunların tümü iklim değişikliğiyle ilişkilendirilen değişken faktörlerdendir (Whitford ve ark., 2010).

Genel olarak, iklim değişikliği atmosferik ve deniz kaynaklı süreçler ve bunların etkileşiminden oluşan karmaşık bir sistem tarafından düzenlenmektedir. Bitkisel üretim bağlamında, ilgili atmosferik süreçler faydalı stratosferik ozon (O₃) konsantrasyonundaki kayıplardan ve atmosferik karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksit (N₂O) ve kükürt dioksit (SO₂) dahil olmak üzere yüzey tabakası iz gazlarının artan konsantrasyonlarından oluşmaktadır. Yüzey seviyesindeki O₃, SO₂ ve CO₂'nin tarım ürünleri üzerinde doğrudan etkileri bulunurken, CO₂, CH₄ ve N₂O hava sıcaklığını önemli ölçüde etkilemektedir (Reynolds ve ark., 2010).

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BAHÇE BİTKİLERİ SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

Sıcaklık ve yağış miktarındaki dalgalanmalar ile ekstrem hava koşullarındaki artışla tanımlanan Küresel İklim Değişikliği, dünya genelinde ekosistemler için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Yaşanan iklim değişikliklerinin sonuçları, atmosferik değişikliklerin ötesinde, değişen iklim koşullarına karşı özellikle savunmasız olan bahçecilik sektörü gibi insanların geçimi için gerekli olan çeşitli sektörleri de derinden etkilemektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, küresel sıcaklıklarda, başta fosil yakıtların kullanımı ve ormansızlaşma gibi insan kaynaklı faaliyetlere dayanan istikrarlı bir artış eğilimi söz konusudur (IPCC, 2022).

Geçtiğimiz yüzyıl boyunca, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı giderek artarken, son yıllarda şimdiye kadar hiç olmadığı kadar yüksek bir sıcaklık artışına tanık olunmuştur (IPCC, 2022). İklim değişikliğinin tarımsal açıdan belirli alanlarda ve durumlarda sağladığı avantajlar, olumsuz sonuçlarının yanında gölgede kalmaktadır. Örneğin keşfedilmemiş alanlar çeşitli meyve türlerine ev sahipliği yapma potansiyeline sahiptir. Kontrollü ortamlarda, ekstra CO₂ fotosentezi ve tarımsal üretimde iyileşme sağlayabilir (Annappa ve ark., 2023).

Öte yandan, iklim değişikliğinin tarım üzerinde gıda arzını ve güvenliğini tehdit eden çeşitli zararlı etkileri bulunmaktadır. Kuraklıklar, artan sıcaklıklar ve değişen yağış modelleri tarımsal üretimi azaltarak mahsul veriminin düşmesine neden olabilir, belirli bahçe bitkileri için ideal yetiştirme bölgelerini değiştirebilir, tarım yöntemlerini gerekli kılabılır ve ürün kalitesini ve verimliliğini düşürebilir (Annappa ve ark., 2023). İklim değişikliği Avrupanın bahçe bitkileri yetiştirme bölgelerinde değişikliğe neden olmuştur.

Artan sıcaklıklar, bitkilerin kuzey enlemlerinde gelişmesine olanak sağlamıştır (Hänninen, 2015).

Bu sıcaklık artışı, iklim düzeni üzerinde bozulmalara neden olmakta, yağış rejimlerini etkilemekte ve kasırgalar, kuraklıklar ve sıcak hava dalgaları gibi ekstrem hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. İklimdeki bu değişimler tarımsal arazileri temelden değiştirmekte, geleneksel yöntemlere karşı zorluklar oluşturmakta ve uygun stratejilerin kullanılmasını gerektirmektedir (Odabaşıoğlu ve ark., 2021).

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN MEYVE ve SEBZE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dünya üzerindeki iklim, gezegenimizin varlığı boyunca buzul çağlarından sıcaklık dönemlerine kadar pek çok kez değişmiştir. Son birkaç on yıl boyunca, ortalama hava sıcaklıklarında artışlar rapor edilmiş ve iklim üzerindeki ilgili etkiler dünya çapında çeşitli forumlarda tartışılmıştır. Dünya genelindeki önemi nedeniyle tarım, iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından incelenen ilk sektörlerden biri olmuştur (Adams ve ark., 1990).

Meyve büyümesi ve olgunlaşması sırasındaki sıcaklık, meyve olgunluğunu hızlandırarak ya da geciktirerek meyve kalitesinin etkilenmesine neden olabilmektedir.

Sıcaklık artışı ve sera gazlarının etkileri iklim değişikliği ile ilgili en önemli konular arasındadır. Yüksek sıcaklıklar ve yüksek karbondioksit ve ozon seviyelerine maruz kalma, taze meyve üretimi ve kalitesini hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Sıcaklık artışı fotosentezi doğrudan etkileyerek şeker, organik asit ve flavonoid içeriklerinde, sertlikte ve antioksidan aktivitesinde değişikliklere neden olmaktadır (McKeown ve ark., 2006; Jamal ve ark., 2024). Meyvenin tadı büyük ölçüde organik asitler ve çözünebilir şekerler arasındaki dengeye bağlıdır; bu dengeyi ağırlıklı olarak sırasıyla organik asitler (sitrik, malik ve tartarik asitler) ve şekerler (sakkaroz, fruktoz ve glukoz) temsil eder (Medlicott ve Thompson, 1985). Meyveler için bir diğer kalite özelliği de raf ömürleridir; bu süre hasat öncesi ve sonrası koşullara göre değişebilir ve en bilineni sıcaklıktır (More ve Bhargava, 2010).

Ancak bu özellik, meyve büyümesi sırasında meyveye mineral teminini olumsuz yönde etkileyen koşullardan etkilenebilmektedir. Çevresel faktörlerin meyve içindeki mineral iyonları arasındaki dengenin yanı sıra

meyvenin içindeki mineral akışları üzerindeki etkisine dikkat edilmesi gerekmektedir (Ferguson ve ark., 1999). Bitkiler, fotosentez ve stoma iletkenliği yoluyla artan CO₂'yi doğrudan algılar ve tepki gösterir ki, bu da CO₂ ile yapılan beslenmenin ürün verimi üzerindeki etkisinin temelini oluşturur (Long ve ark., 2006). Bu tepkiler yüksek oranda sıcaklığa bağlıdır (Polley, 2002). Yüksek sıcaklıkların bitki solunumunu fotosentezden daha fazla artırarak net karbon kazanımını azalttığı öne sürülmüştür (DaMatta ve ark., 2009). Dolayısıyla, bitki türlerinin bu çevresel değişikliklere nasıl tepki vereceğini anlamak hem sıcaklık hem de CO₂ arttıkça tarımsal uygulamaların uyum sağlaması gereken yüksek CO₂'nin potansiyel faydalarını en üst düzeye çıkarmak için çok büyük önem taşımaktadır (Challinor ve Wheeler, 2008).

Meyve yetiştiriciliği dünya tarımı ve gıda güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Meyve ağaçlarında fenoloji, iklim değişikliğinin bahçe bitkileri üzerindeki en belirgin etkilerinden biridir. Çiçeklenme, meyve tutumu, olgunluk ve hasat sıcaklığa göre değişkenlik göstermektedir. İklim değişikliği meyvelere zarar vermekte ve çeşitli fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır.

Bunlar arasında narlarda gece ve gündüz sıcaklıklarındaki dalgalanmalar nedeniyle meyve çatlaması (El-Rhman, 2010), turuncgillerde aşırı su neminin neden olduğu tanelenme (Zong ve ark., 1979), mango ve üzümde yetersiz tozlaşma ve yüksek sıcaklıklar nedeniyle çiçek ve meyve dökülmesi (Pandey, 1998) yer almaktadır.

Sıcaklık artışları elma meyvesinin sertliğini azaltabilir ve şeker içeriğini artırarak tadı etkileyebilir (Dalhaus ve ark., 2020). Daha yüksek sıcaklıklar, zararlı böceklerin büyümesine yardımcı olabilir ve bu da meyvelere zarar verebilmektedir. Ayrıca hastalık yayılımı yağış düzeniyle birlikte dalgalanarak meyve üretimini ve kalitesini azaltabilmektedir. Meyve üretiminde iklim değişikliğinin neden olduğu düşüslere karşı mücadele etmek için meyve bahçesi sonrasında risk azaltma stratejilerini kullanmak zordur, bunun için yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Ritik ve ark., 2021).

İklim değişikliği sebze üretimi için sorunlara neden olmaktadır. Nizamutdinov ve ark. (2022)'na göre, iklim değişikliği sebze yetiştiriciliğini olumsuz etkilenmekte, fenolojik evreler değişmekte, ekim ve hasat zaman çizelgeleri değişmektedir. Sebze bitkilerinin çimlenmesi, çiçek açması ve meyve vermesi sıcaklık ve yağış modellerinden doğrudan etkilenmektedir.

Kaniewski ve ark. (2023), iklim değişikliklerinin sebze üretimi için gerekli olan koordineli büyüme döngülerini bozduğunu tespit etmiştir. Artan sıcaklıklar fenolojik evreleri hızlandırarak çiçeklenme ve meyve tutumunda uyumsuzluklara neden olabilmektedir (Colmenares, 2020). İklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışları, sebze ürünlerinde ısı stresine neden olarak büyüme ve gelişmeyi etkilemektedir. Çiçeklenme ve meyve tutumu sırasındaki aşırı sıcaklıklar özellikle sebzeler için oldukça olumsuz bir etkidir. Yüksek sıcaklıklar üretimi, meyve kalitesini, zararlılara ve hastalıklara duyarlılığı azaltabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, bu sorunları ortadan kaldırmak için sıcağa dayanıklı sebze çeşitlerinin yetiştirilmesi önerilmektedir (Raza ve ark., 2021).

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BAHÇE BİTKİLERİNDE HASAT SONRASI FİZYOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Meyveler ılıman, subtropikal ve tropikal iklim bölgelerinde yetiştirilmektedir ve iklim değişikliğinin bu bölgelerdeki meyve türleri üzerinde farklı etkileri olacağı öngörülmektedir. Artan sıcaklıklar daha fazla ısı toplanması ve erken meyve olgunluğu anlamına gelmektedir. Yüksek sıcaklık daha yüksek solunum, asitlikte düşüş, daha düşük şeker ve daha yüksek pH anlamına gelmektedir. Bu da düşük kaliteye yol açmaktadır. Daha sıcak kış ayları turunçgillerde erken meyve olgunluğuna yol açarken, daha yağışlı yaz ayları hasat öncesi ve sonrası hastalıkların artmasına neden olabilmektedir (Solomakhin ve Blanke, 2007)

Çalışmalar, taze meyve mahsullerinin üretim ve kalitesinin sadece yüksek sıcaklıklardan ve yüksek karbondioksit seviyelerine maruz kalmaktan değil, aynı zamanda yüksek ozondan da doğrudan ve dolaylı olarak etkilenebileceğini göstermiştir. Sıcaklık artışı fotosentezi doğrudan etkileyerek şeker, organik asit ve flavonoid içeriklerinde, sertlikte ve antioksidan aktivitede değişikliklere neden olmaktadır. Atmosferik ozonun yüksek konsantrasyonları potansiyel olarak fotosentetik süreçte, büyümede ve biyokütle birikiminde azalmaya neden olabilmektedir. Ozonla zenginleştirilmiş atmosferler çileklerin C vitamini içeriğini artırmış ve uçucu ester emisyonlarını azaltmıştır. 0,005-1,0 µmol/mol arasında değişen ozon konsantrasyonlarına maruz bırakılan domateslerin likopen içeriklerinde geçici bir artış meydana geldiği görülmüştür (Sitch, 2007).

Meyvelerde don hasarı meydana gelmesi durumunda hasat sonrası kayıpların artması beklenmektedir. Ayrıca hasat mevsiminde yağın yağmurlar hasat sonrası hastalıklara neden olarak önemli kayıplara yol açmaktadır.

Meyvenin hasat öncesi doğrudan güneş ışığına maruz kalması ve buna bağlı olarak yüksek doku sıcaklıkları hasat sonrası dayanımı azaltmaktadır. (Woolf ve Ferguson, 2000). Hem sıcak hem de ılıman iklimlerde birçok üründe doğrudan güneş ışığı altında 40 °C'nin üzerinde meyve eti sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bu yüksek sıcaklıklar hem günlük dalgalanmalar hem de uzun süreli maruz kalma nedeniyle şeker içeriği, doku sıklığı ve yağ seviyeleri gibi iç kalite özelliklerinde ve mineral içeriği açısından değişikliklere neden olabilmektedir (Ashenfelter ve Storchmann, 2010). Güneş yanığından etkilenmiş ve lekeli (rüzgâr ve böcek izi nedeniyle) turuncu meyveleri depolama sırasında çürümeye daha yatkındır ve aynı durum diğer birçok meyve için de geçerlidir (Ladaniya ve Singh, 1998, 1999). De (2018)'e göre, değişken hava koşulları çiçek kalitesinde ve çiçeklerin mevcut olmasında olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Hasat sonrası bahçe bitkilerinin depolanması, nakliyesi ve muhafazası zorlu bir süreçtir. Yadav ve ark. (2023), iklim değişikliğiyle mücadele için hasat sonrası teknoloji, soğuk zincir yönetimi ve depolama tesislerindeki gelişmelerin önemini vurgulamaktadır. Söz konusu çözümler, değişen bir ortamda bahçe bitkileri tedarik zincirinin sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır. Değişen iklim, bitki seçiminden projelendirmesine kadar tüm çevre düzenleme faaliyetlerini etkilemektedir.

Çevresel faktörler arasında iklim; rüzgâr, şiddetli yağış ve don gibi unsurlar meyvenin yara alması nedeniyle hasat sonrası zincirde doğrudan meyve kaybına özellikle çiçeklenme döneminde yüksek yağışla ilişkili bitki patojenlerinin görülme sıklığının artmasına (örn. antraknoz) ve don hasarına bağlı meyve kaybına neden olabilmektedir (Siddiqui ve ark., 2015).

İklim değişikliği, hasat sonrası faaliyetler ve bahçe düzenlemesi üzerinde büyük bir etkiye sahip olup, bahçe ürünlerinin dayanıklılığını ve kalitesini etkilemektedir. İklim değişikliği hasattan sonra depolama, nakliye ve ürün muhafazasını olumsuz etkilemektedir. İklimin giderek ısınması meyvelerin olgunlaşmasını hızlandırarak raf ömrünü ve kalitesini azaltmaktadır (Battisti ve Naylor, 2009). Fırtına ve şiddetli yağış gibi kötü hava olaylarının artan sıklığı, taşımacılığı zorlu hale getirmekte ve bozulabilir bahçe ürünlerine zarar verebilmekte ya da bu ürünleri bozabilmektedir (FAO, 2023). İklim değişikliği hasat sonrası hastalıkları artırabilir, bu da depolama

ve yönetimi konusunda önlemlerin artırılmasını gerektirmektedir (Challinor ve ark., 2014).

Sıcaklık

Tüm bahçe bitkileri sıcaklığa karşı hassastır ve birçoğu yüksek verim ve kalitenin geliştirilmesi için belirli sıcaklık gereksinimlerine ihtiyaç duymaktadır. Bitkilerin nerede üretileceğine, ürün ve çeşit seçimine ilişkin kararlar sıcaklık, pazarlara erişim ve zamanlama, uygun topraklar ve sulama suyunun mevcudiyeti ve güvenilirliğinden etkilenmektedir.

(CO₂) etkilerini tahmin etmek için bitkisel ürün büyümesi ve veriminin sıcaklık tepkisi dikkate alınmalıdır (Polley, 2002; Porter ve Semenov, 2005). Ürünlerin sıcaklığa karşı verdiği eşik düzeyindeki büyüme tepkileri genellikle iyi tanımlanır ve yönleri genellikle küçük bir sıcaklık aralığında değişmektedir (Porter ve Semenov, 2005). Yüksek sıcaklıklar, fotosentezi artırarak özellikle C3 bitkilerinde üründeki net karbon artışını azaltır; fotosentezi azaltarak, (CO₂) zenginleştirmesinin düşük sıcaklıklara kıyasla yüksek sıcaklıklarda foto-sentezi daha fazla artırması ve böylece optimum üstü sıcaklıkların verim üzerindeki sıcaklık etkilerini kısmen de olsa dengelemesi öngörülmektedir (Polley, 2002).

Yüksek sıcaklıklar havanın su buharı absorbe etme kapasitesini artırabilir ve sonuç olarak daha yüksek bir su talebi oluşturabilir. Su stresi meyve üretiminde büyük bir endişe kaynağıdır, çünkü dünyadaki birçok üretim alanında ağaçlar sulanmamaktadır. Su stresinin sadece mahsul verimliliğini düşürmekle kalmayıp aynı zamanda meyve olgunlaşmasını hızlandırma eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Henson, 2011).

Yüksek sıcaklıklara maruz kalınması, bitki dokularında morfolojik, anatomik, fizyolojik ve nihayetinde biyokimyasal değişikliklere neden olabilmekte ve sonuç olarak farklı bitki organlarının büyümesini ve gelişimini etkileyebilmektedir. Söz konusu değişimler ticari verimde ciddi düşümlere neden olabilir. Bununla birlikte, bitki dokularının yüksek sıcaklıklara karşı fizyolojik tepkilerini, ısı tolerans mekanizmalarını ve verimi artırmak için olası stratejileri anlayarak, meyve ve sebze bitkilerinin üretim, hasat ve hasat sonrası farklı aşamalarında gerçekleşecek reaksiyonları tahmin etmek mümkündür (Kays, 1997).

Fotosentez aktivitesi sıcaklık değişimleri ile orantılıdır. Yüksek sıcaklıklar, farklı enzimler tarafından katalize edilen biyokimyasal

reaksiyonların hızını artırabilir. Bununla birlikte, belirli bir sıcaklık eşığının üzerinde, birçok enzim işlevini kaybeder ve potansiyel olarak bitki dokusunun ısı streslerine karşı toleransını değiştirebilir (Bieto ve Talon, 1996).

Fotosentez aktivitesi sıcaklık değişimleri ile orantılıdır. Yüksek sıcaklıklar, farklı enzimler tarafından katalize edilen biyokimyasal reaksiyonların hızını artırabilir. Bununla birlikte, belirli bir sıcaklık eşığının üzerinde, birçok enzim işlevini kaybeder ve potansiyel olarak bitki dokusunun sıcaklık streslerine karşı toleransını değiştirebilir (Bieto ve Talon, 1996).

Yumuşak çekirdekli ve sert çekirdekli meyveler, verimli tomurcuklar geliştirmek ve ilkbaharda dormansiyi yeterli bir şekilde kırmak için belirli miktarda kış soğuklamasına ihtiyaç duyar. İklim değişikliği kapsamında artan minimum sıcaklıklar, yetersiz soğuklama birikimine neden olarak düzensiz veya gecikmeli tomurcuk kırılmasına yol açabilir. Elmalarda renk gelişimi antosiyanin üretimi yoluyla gerçekleşir. Antosiyanin üretimi yüksek sıcaklıklarda azalmaktadır.

Satsuma mandarini (Marsh ve ark., 1999) ve elmalar (Austin ve ark., 1999) dahil olmak üzere diğer türlerde sıcaklığın hücre bölünme oranını etkileyebileceği öne sürülmüştür. Örneğin karbon rekabeti nedeniyle hücre bölünmesi sırasında kaynak sınırlaması gibi diğer hasat öncesi faktörler, başlangıçtaki meyve kurumaddesinin değişiminin nedeni arasında gösterilebilir (Léchaudel ve Joas, 2007).

Karbondioksit

Dünya atmosferi azot (%78,1) ve oksijenden (%20,9) oluşmakta, argon (%0,93) ve karbondioksit (%0,031) ise sonraki en bol gazları oluşturmaktadır (Lide, 2009). Azot ve oksijenin küresel ısınmada önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir çünkü her iki gaz da yeryüzü radyasyonuna karşı neredeyse geçirgendir. Sera etkisi temel olarak su buharı, CO₂ ve Dünya yüzeyinden çıkan radyasyonu emen çok az miktardaki diğer gazların (metan, azot oksit ve ozon) etkilerinin bir kombinasyonudur (IPCC, 2007). İklim değişikliği nedeniyle, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonları sanayi öncesi dönemden 2005 yılına kadar yaklaşık %35 artmıştır (IPCC, 2007).

Birçok ürünün (özellikle C3 bitkileri) stres yaratan diğer koşulların varlığında atmosferik (CO₂) artışına karşı pozitif tepki verebileceğini gösteren kanıtlar giderek artmaktadır (Long ve ark., 2004). Öte yandan, yüksek (CO₂)'nin faydalı etkisi, yüksek sıcaklıklar, daha yüksek troposferik ozon

konsantrasyonları ve değişen yağış modelleri gibi iklim değişikliğinin diğer etkileriyle eşitlenebilmektedir (Easterling ve ark., 2007).

Fotosentezin gerçekleşebilmesi için CO₂'nin atmosferden kloroplastlara doğru yayılması gerekmektedir. CO₂'nin yaprağa girişinin ana yolu stoma gözenekleridir. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonundaki değişiklikler, bitki dokularını büyüme ve fizyolojik davranış açısından değiştirebilmektedir. Çeşitli çalışmalar, artan atmosferik CO₂'nin net fotosentezi, biyokütle üretimini, şeker ve organik asit içeriğini, stoma iletkenliğini, sertliği, tohum verimini, ışık, su ve besin kullanım verimliliğini ve bitki su potansiyelini değiştirdiği sonucuna varmışlardır (Salvador ve ark., 2006).

Jablonski ve ark. (2002), 79 bitki ve doğal türü yüksek CO₂ ortamında incelemiştir. Ortalama olarak çiçek (%19) ve meyve (%18) sayılarında, tohum başına biyokütlede (%4), toplam tohum biyokütlesinde (%25) ve toplam bitki biyokütlesinde (%31) artış tespit etmişlerdir. Bindi ve ark. (2001), büyüme sırasında yüksek atmosferik CO₂'nin şarapların kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, yüksek atmosferik CO₂ seviyelerinin meyve kuru ağırlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, 550 mmol CO₂/mol uygulamasında %40 ila %45, 700 mmol CO₂/mol uygulamasında ise %45 ila %50 arasında değişen artışlar olduğunu gözlemlemiştir. Tartarik asit ve toplam şeker içerikleri, olgunlaşma mevsiminin ortasında maksimum bir artışa varan CO₂ seviyelerinin yükselmesiyle sırasıyla yaklaşık %8 ve %14 oranında yükseldiğini bildirmişlerdir. Ancak üzümde olgunluk aşamasına ulaştığında, her iki kalite parametresi üzerindeki CO₂ etkisi neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır. Kimball ve ark. (2007), 17 yıl boyunca yükseltilmiş (CO₂) ortamda (ortamın üzerinde 300 ppm CO₂'de) yetiştirilen ekşi portakal (*Citrus aurantium*) bitkilerinde, iklimlendirme yerine bitkilerin meyve üretimini %70 oranında artırarak yanıt vermeye devam ettiğini ortaya koymuşlardır. Deneyin son yıllarında, artan odun büyümesi ekstra (%70) biyokütle birikimiyle sonuçlanmıştır.

Mango meyvesinde karbon mevcudiyetinin değişmesi, meyvenin üç ana bölümünün (kabuk, meyve eti ve çekirdek) hem kuru madde hem de su kütlesini etkilemiştir (Léchaudel ve ark., 2002). Kuru madde birikimi, asimilat kaynağının mevcudiyetinden etkilendiğinden, hücre duvarları da dahil olmak üzere yapısal bileşenindeki ve çözünür şekerler, asitler, mineraller ve nişastadan oluşan yapısal olmayan bileşenindeki değişiklikler, yaprak-meyve

oranı uygulamalarına duyarlılıklarına göre araştırılmıştır. Meyve büyümesi sırasında seyreltmenin meyve eti aroması veya raf ömrü gibi kalite özellikleri üzerindeki etkisi, meyve ağırlığı bazında ana biyokimyasal ve mineral bileşiklerin konsantrasyonları ifade edilerek değerlendirilmiştir (Léchaudel ve ark., 2005). Yüksek CO₂ ayrıca soğuk stresi, etilen kaynaklı bozukluklar ve patojenik saldırılara karşı hassasiyeti de değiştirebilmektedir (Kader ve Saltveit, 2003)

Yağmur

Bahçe bitkileri üretiminin büyük çoğunluğu sulamaya dayanmakta ve yağmurla üretim çok az yapılmaktadır. Yağışların bahçe bitkileri üretimi üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri vardır. 'Normal mevsim içi' yağış olayları meydana geldiğinde, sulama depoları (barajlar ve akiferler) yenilenir ve ürün yetiştirmek için gereken sulama miktarı azalır. 'Mevsim dışı' yağış olayları, özellikle de yoğunluğu yüksekse, genellikle ürün kalitesi ve üretim için yıkıcı sonuçlar doğurmaktadır.

Sulamayı azaltarak su mevcudiyetini değiştirmek (günlük evapotranspirasyonun %40'ı) meyve gelişimi ile birlikte meyve eti kuru madde içeriğinin artışı arttırmıştır (Diczbalis ve ark., 1995). Su stresinin geç dönemleri meyve Ca konsantrasyonundaki düşüşü hızlandırmış (Simmons ve ark., 1995) ve meyve kütlesi bazında fruktoz konsantrasyonunu güçlü bir şekilde etkilemiştir (Léchaudel ve ark., 2005).

Fruktoz seviyelerindeki artış, çözünebilir şekerin su stresi altındaki diğer meyvelerde gösterildiği gibi mangonun ozmotik dengesine katkıda bulunabileceğini göstermektedir (Mills ve ark., 1997).

Ozon

Ozon troposferde karbon monoksit (CO), metan (CH₄) ve diğer hidrokarbonları içeren bir dizi fotokimyasal reaksiyonun sonucunda azot türlerinin (NO + NO₂) varlığında ortaya çıkmaktadır (Schlesinger, 1991). Genelde yaz mevsimlerinde, yüksek sıcaklık ve güneş ışınımı dönemlerinde oluşmaktadır (Mauzerall ve Wang, 2001). Ayrıca diğer mevsimlerde de doğal olarak oluşur ve ilkbaharda doğal üretimin zirvesine çıkmaktadır (Singh ve ark., 1978).

Bununla birlikte, azot türlerindeki artış ve uçucu organik bileşiklerin emisyonu nedeniyle yaz aylarında daha yüksek atmosferik ozon konsantrasyonları bulunmaktadır (Wang ve Bunce, 2004). Ozon bitki

dokularına stomalardan girerek özellikle palisade hücrelerinde doğrudan hücresel hasara neden olmaktadır (Wang ve Zheng, 2001). Hasar muhtemelen membran geçirgenliğindeki değişikliklerden kaynaklanır ve gözle görülür yaralanmaya, büyümenin azalmasına ve sonuçta verimin düşmesine neden olabilmektedir (Krupa ve Manning, 1988).

Ozonla zenginleştirilmiş bir atmosferde (0,35 mL/L) soğuk hava deposunda (2 °C) üç gün boyunca depolanan Camarosa çiçekleri, normal atmosferde aynı sıcaklıkta depolanan çiçeklere kıyasla C vitamini içeriğinde 3 kat artış ve ozonlanmış meyvelerdeki uçucu ester emisyonlarında %40 azalma görülmüştür (Perez ve ark., 1999).

İki farklı hasat tarihinde hasat edilen Trabzon hurması (Diospyros kaki L. F.) meyvelerinin (cv. Fuyu) kalitesi ozon maruziyeti sonrasında incelenmiştir. Meyveler 15 °C ve %90 bağıl 30 gün boyunca 0.15 mmol/mol (vol/vol) ozona maruz bırakılmıştır. Ozon maruziyeti, ilk hasat edilen meyvelere göre doğal olarak daha yumuşak olan ikinci hasat meyvelerinin sertliğini, 15 °C'de 30 gün artı raf ömrü sonrasında bile ticari sınırların üzerinde tutabilmiştir. Ozonla muamele edilen meyveler en yüksek ağırlık kaybı ve maksimum elektrolit sızıntısı değerlerini göstermiştir. Bununla birlikte, ozon maruziyetinin renk, etanol, çözünebilir katı maddeler ve pH üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Salva-dor ve ark., 2006).

SONUÇ

Küresel sıcaklıkların artmaya devam etmesi, yağış modellerinin değişmesi ve ekstrem hava olaylarının daha sık görülmesi nedeniyle bahçe bitkileri endüstrisi beklenmedik zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Ancak bu zorluklar aynı zamanda inovasyon ve dayanıklı uygulamaların benimsenmesi için de fırsatlar sunmaktadır. İklim dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi, hassas bahçecilik yönetiminin uygulanması, hasat sonrası süreçlerde ileri teknolojilerin entegrasyonu ve soğuk zincirlerin optimizasyonu ve iklim duyarlı tasarımların arazi düzenlemesine entegrasyonu, ürün verimi, ürün kalitesi, hasat sonrası kayıpların ele alınması ve dış mekanların estetik çekiciliği üzerindeki olumsuz etkileri azaltmaya yönelik proaktif önlemlere örnek teşkil etmektedir.

İklim değişikliğinin etkilerinin kapsamı, türü ve etkileşimlerine ilişkin önemli belirsizliklere rağmen küresel ısınmanın en ciddi sonuçlarından kaçınmak için azaltma ve benimseme stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bahçeciliğin net bir sera gazı yayıcısı mı yoksa tutucusu mu olduğu

bilinmemektedir. Yetiştiriciler tarafından kullanılan çok çeşitli ürünler, bölgeler ve tarım sistemleri için bunu belirleyebilmek için birçok faktörün anlaşılması gerekmektedir.

Sıcaklık değişimi bitki fotosentezini doğrudan etkileyebilir ve küresel sıcaklıklardaki artışın şeker sentezi, organik asitler, antioksidan bileşikler ve sertlik gibi önemli kalite parametrelerini değiştirerek hasat sonrası kalite üzerinde önemli bir etkiye sahip olması öngörülebilir.

Artan karbondioksit seviyeleri de atmosferdeki ısıyı hapsederek küresel ısınmaya neden olmaktadır. Atmosferdeki ozon seviyelerinin artması, meyve ve sebze ürünlerinde hasat sonrası kalite üzerinde zararlı etkilere yol açabilmektedir. Yüksek ozon seviyeleri, farklı türlerde görsel hasar ve fizyolojik bozuklukların yanı sıra diğer önemli kalite parametrelerinin yanı sıra kuru madde, şeker oranı, sitrik ve malik asitte önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Düzensiz ve olağandışı yağış düzeni de meyve üretimini ve kalitesini etkileyerek ciddi ekonomik kayıplara neden olabilmektedir.

İklim değişikliği ve bahçe bitkileri verimliliği arasındaki ilişkinin karmaşıklığı göz önünde bulundurulduğunda, dinamik ve işbirlikçi bir şekilde yanıt verilmesi zorunludur. Araştırmacılar, bahçe bitkileri yetiştiricileri, politika yapıcılar ve sektör liderleri de dahil olmak üzere bahçecilik sektöründeki çeşitli paydaşlar, bu karmaşık ortamı yönlendirmek için birlikte çalışmalıdır.

Bu iş birliği; bilgi alışverişini, uyarlanabilir stratejilerin uygulanmasını, bilimsel değerlendirmelere dayalı uygulamaların sürekli olarak iyileştirilmesini ve bunların tümünün bahçecilik endüstrisinin dayanıklılığının artırılmasında kritik öneme sahip olmasını kapsamaktadır. Bahçecilik alanında yapılan son çalışmalar ve uyarlanabilir yaklaşımlar, iklim değişikliğinin yarattığı zorlukların üstesinden gelmek için yenilikçi teknolojilerin, ıslah programlarının ve sürdürülebilir uygulamaların entegre edilmesinin önemini altını çizmektedir.

Ayrıca, dünya çapında bir iklim değişikliği azaltma girişimi olan UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) kapsamında Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmaların uygulanması. Ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmalarına ve küresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelerin 2°C üzerinde sınırlandırmalarına yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Adams, R. M., Rosenzweig, C., Peart, R. M., Ritchie, J. T., McCarl, B. A., Glycer, J. D., ... & Allen Jr, L. H. (1990). Global climate change and US agriculture. *Nature*, 345(6272), 219-224.
- Annappa, N N, Bhavya N., Govinda Kasturappa., Uday Kumar S N., R. Krishna Murthy (2023). Climate Change's Threat to Agriculture: Impacts, Challenges and Strategies for a Sustainable Future. 10.22271/ed.book.2395
- Ashenfelter, O., & Storchmann, K. (2010). Measuring the economic effect of global warming on viticulture using auction, retail, and wholesale prices. *Review of Industrial Organization*, 37, 51-64.
- Austin, P. T., Hall, A. J., Gandar, P. W., Warrington, I. J., Fulton, T. A., & Halligan, E. A. (1999). A compartment model of the effect of early-season temperatures on potential size and growth of 'Delicious' apple fruits. *Annals of Botany*, 83(2), 129-143.
- Battisti, D. S., & Naylor, R. L. (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science*, 323(5911), 240-244.
- Bindi, M., Fibbi, L., & Miglietta, F. (2001). Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy*, 14(2), 145-155.
- Challinor, A. J., & Wheeler, T. R. (2008). Crop yield reduction in the tropics under climate change: processes and uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(3), 343-356.
- Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., Howden, M., Smith, D. R., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287-291.
- Colmenares, O. M., Brindis, R. C., Verduzco, C. V., Grajales, M. P., & Gómez, M. U. (2020). Horticultural agroforestry systems recommended for climate change adaptation: a review. *Agricultural Reviews*, 41(1), 14-24.
- Dalhaus, T., Schlenker, W., Blanke, M. M., Bravin, E., & Finger, R. (2020). The effects of extreme weather on apple quality. *Scientific reports*, 10(1), 7919.

- DaMatta, F. M., Grandis, A., Arenque, B. C., & Buckeridge, M. S. (2010). Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International*, 43(7), 1814-1823.
- De, L. C. (2018). Impact of climate change on floriculture and landscape gardening. *International Journal of Agriculture Sciences*, 10(11), 6253-6256.
- Easterling, W. E., Aggarwal, P. K., Batima, P., Brander, K. M., Erda, L., Howden, S. M., ... & Tubiello, F. N. (2007). Food, fibre and forest products. *Climate change, 2007*, 273-313.
- El-Rhman, I. E. (2010). Physiological studies on cracking phenomena of pomegranates. *J. Appl. Sci. Res*, 6(6), 696-703.
- FAO. (2023). Climate Change and the Global Floriculture Industry. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-agrifood-sector-faces-growing-threat-from-climate-change-induced-loss-and-damage/en> (Erişim Tarihi: 05.08.2024).
- Ferguson, I., Volz, R., & Woolf, A. (1999). Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 255-262.
- Hänninen, H., 2015. European climatic suitability for the cultivation of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Agricultural and Forest Meteorology*, 203, Pp. 161-170
- Henson, R. (2011). *The rough guide to climate change*. Dorling Kindersley Ltd.
- IPCC (2022), Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. [report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf) Jawanda JS, Singh R, Pal RN. Effect of growth regulators on floral bud drop, fruit character and quality of "Thompson Seedless" grape (*Vitis viifera* L.). *Vitis* 1974;13(3):215-221.
- IPCC (2007). Climate change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M. veryt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L. (Eds.), the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (996 p.). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Jablonski, L. M., Wang, X., & Curtis, P. S. (2002). Plant reproduction under elevated CO₂ conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species. *New Phytologist*, 156(1), 9-26.

- Jamal, M. U., Bilal, M., Durani, A., Waseem, M., & Jabarkhil, A. K. (2024). Effects of Climate Change on Horticulture Sector Productivity: A Review. *NUIJB*, 231-236.
- Jarvis, A., Ramirez, J., Anderson, B., Leibing, C., & Aggarwal, P. (2010). Scenarios of climate change within the context of agriculture. In *Climate change and crop production* (pp. 9-37). Wallingford UK: CABI.
- Kaniewski, D., Marriner, N., Morhange, C., Khater, C., Terral, J., 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*, 9(2), 219–227.
- Kays, S. J. (1997). Postharvest physiology of perishable plant products. Athens: AVI. 532 p.
- Kimball, B. A., Idso, S. B., Johnson, S., & Rillig, M. C. (2007). Seventeen years of carbon dioxide enrichment of sour orange trees: final results. *Global Change Biology*, 13(10), 2171-2183.
- Kumar, S. N. (2013). Modelling climate change impacts, adaptation strategies and mitigation potential in horticultural crops. In *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies* (pp. 21-33). India: Springer India.
- Ladaniya, M. (2015). Climate Change Effects on Fruit Quality and Post-Harvest Management Practices. *Climate Dynamics in Horticultural Science, Volume One: The Principles and Applications; Apple Academic Press: Palm Bay, FL, USA*, 263.
- Ladaniya, M. S., & Singh, S (1998). Post-harvest technology of ‘Nagpur’ mandarin. *Tech-nical Bulletin*, 2: 144.
- Ladaniya, M. S., & Singh, S. (1999). *Post-harvest technology and processing of citrus fruits in India*. National Research Centre for Citrus. 148.
- Léchaudel, M., & Joas, J. (2007). An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 287-298.
- Léchaudel, M., Génard, M., Lescourret, F., Urban, L., & Jannoyer, M. (2002). Leaf-to-fruit ratio affects water and dry-matter content of mango fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(6), 773-777.
- Léchaudel, M., Génard, M., Lescourret, F., Urban, L., & Jannoyer, M. (2005). Modeling effects of weather and source–sink relationships on mango fruit growth. *Tree Physiology*, 25(5), 583-597.

- Lide, D. R., & David, R. (2009). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th (ed.) CRC Press. *Boca Raton*.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D., Nosberger, J., & Ort, D. R. (2006). Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *science*, 312(5782), 1918-1921.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Rogers, A., & Ort, D. R. (2004). Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55(1), 591-628.
- Marsh, K. B., Richardson, A. C., & Macrae, E. A. (1999). Early-and mid-season temperature effects on the growth and composition of satsuma mandarins. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(4), 443-451.
- Mauzerall, D. L., & Wang, X. (2001). Protecting agricultural crops from the effects of tropospheric ozone exposure: reconciling science and standard setting in the United States, Europe, and Asia. *Annual Review of energy and the environment*, 26(1), 237-268.
- McKeown, A. W., Warland, J., & McDonald, M. R. (2006). Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a minireview. *Botany*, 84(7), 1031-1036.
- Medlicott, A. P., & Thompson, A. K. (1985). Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(7), 561-566.
- More, T. A., & Bhargava, R. (2010). Impact of climate change on productivity of fruit crops in arid regions. *Challenges of Climate Change-Indian Horticulture* (ed.) Singh, HP, Singh, JP, & Lal, SS, Westville Publishing House, New Delhi.
- Nizamutdinov, T., Suleymanov, A., Morgun, E., Yakkonen, K. L., & Abakumov, E. (2022). Soils and olericultural practices in circumpolar region of Russia at present and in the past. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.
- Odabaşoğlu, M. İ., İşlek, F., & Çakır, A. (2021). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye bağıcılığının geleceğine muhtemel etkileri. *Tarım Uygulamalarında Yenilikçi Yaklaşımlar* (Edit: Kökten, K., İnci, H.) İksad Publishing House, 257-294.
- Pandey, S. N. (1998). Mango cultivars. *Mango Cultivation, International Book Distributing Company, Lucknow, India*, 39, 99.

- Polley, H. W. (2002). Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop science*, 42(1), 131-140.
- Porter, J. R., & Semenov, M. A. (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2021-2035.
- Ray, P. (2015). Hi-tech horticulture and climate change. *Climate Dynamics in Horticultural Science, Principles and Applications; Choudhary, ML, Patel, VB, Siddiqui, MW, Mahdi, SS, Eds*, 1-22.
- Raza, A., Tabassum, J., Kudapa, H., & Varshney, R. K. (2021). Can omics deliver temperature resilient ready-to-grow crops?. *Critical Reviews in Biotechnology*, 41(8), 1209-1232.
- Reynolds, M. P., Hays, D., & Chapman, S. (2010). Breeding for adaptation to heat and drought stress. In *Climate change and crop production* (pp. 71-91). Wallingford UK: CABI.
- Ritik, C., Ankush, S., Mohit, R., Ramesh, S. (2021). Impact of climate change on fruit production and various approaches to mitigate these impacts, *The Pharma Innovation*, 10(3): 564-571,
- Salvador, A., Abad, I., Amal, L., & Martínez-Jávega, J. M. (2006). Effect of ozone on postharvest quality of persimmon. *Journal of food science*, 71(6), S443-S446.
- Siddiqui, M. W., Patel, V. B., & Ahmad, M. S. (2015). Effect of climate change on postharvest quality of fruits. *Climate dynamics in horticultural science: Principles and applications*, 1, 313-326.
- Sitch, S., Cox, P. M., Collins, W. J., & Huntingford, C. (2007). Indirect radiative forcing of climate change through ozone effects on the land-carbon sink. *Nature*, 448(7155), 791-794.
- Solomakhin, A., & Blanke, M. M. (2007). Overcoming adverse affects of hailnets on microclimate and fruit quality by reflective mulch. *J Sci Food Agric*, 87, 2625-2637.
- Wang, S. Y., & Bunce, J. A. (2004). Elevated carbon dioxide affects fruit flavor in field-grown strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12), 1464-1468.
- Wang, S. Y., & Zheng, W. (2001). Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(10), 4977-4982.
- Whitford, R., Gilbert, M. & Langridge, P. (2010). Biotechnology in Agriculture Climate Change and Crop Production, (Reynolds, M. P. (Ed.)), CABI, Wallingford, Cambridge, UK, 219–244.

- Woolf, A. B., & Ferguson, I. B. (2000). Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. *Postharvest Biology and Technology*, 21(1), 7-20.
- Yadav, A., Kerketta, A., Luthra, S., & Sreekumar, G. (2023). Post-harvest management in horticulture: innovation and best practices. *Adv. Horticult*, 1, 135-146.
- Zong, R. J., Shao, P. F., Hu, X. Q., & Dai, L. Y. (1979). Preliminary study on fluctuations of components in the juice sac and peel of citrus fruits with granulation. *Scientia. Agri. Sincia.*, 3:60-64.

BÖLÜM 5

ÜZÜMSÜ MEYVELERDE SORUN OLAN DEPO HASTALIKLARI

Dr. Öğr. Üyesi Işıl SARAÇ SİVRİKAYA

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567666>

GİRİŞ

Üzümsü meyveler, dünya genelinde sağlık, ekonomi ve gastronomi açısından büyük bir öneme sahiptir. Çilek, ahududu, böğürtlen, yaban mersini, üzüm ve kuş üzümü gibi meyveler, zengin besin içerikleri ve lezzetleriyle dikkat çekerler. Bu meyveler, antioksidanlar, vitaminler, mineraller ve diyet lifi açısından son derece zengindir ve düzenli tüketimleri, kanser, kalp hastalıkları, diyabet ve obezite gibi kronik hastalıkların riskini azaltabilir (Van Duyn ve Pivonka, 2000; Slavin ve Lloyd, 2012). Ayrıca, üzümsü meyveler tarımsal üretimde önemli bir yere sahip olup, yerel ve küresel ekonomiye büyük katkı sağlar. Gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulan bu meyveler, taze tüketimlerinin yanı sıra reçel, şarap, meyve suyu ve kurutulmuş meyve gibi çeşitli işlenmiş ürünler olarak da büyük talep görmektedir (Çağlar ve Demirci, 2018; Lavefve ve ark., 2020). Ancak, bu değerli meyveler hasat edildikten sonra birçok hastalıkla karşı karşıya kalır. Hasat sonu hastalıkları, meyvelerin depolanması, taşınması ve pazarlanması süreçlerinde ortaya çıkarak önemli ekonomik kayıplara neden olabilir.

Depo hastalıkları olarak da bilinen hasat sonu enfeksiyonlar, yaygın olarak funguslar tarafından meydana gelse de diğer yandan bazı bakteriyel etmenler de depo hastalıklarına yol açabilir. Bu hastalıklar, meyvelerin çürümesine, renk değişikliklerine, tat ve doku bozulmalarına yol açarak pazarlanabilirliğini azaltır. Üzümsü meyveler arasında çilek (*Fragaria ananassa*), ahududu (*Rubus idaeus*), böğürtlen (*Rubus spp.*) ve yaban mersini (*Vaccinium corymbosum*) gibi meyveleri bulabiliriz. Bu meyveler, asidik tatları, çarpıcı renkleri ve biyoaktif bileşiklerin varlığı sayesinde antioksidan, antimikrobiyal ve anti-inflamatuar özellikleriyle öne çıkarlar (Piljac-Žegara ve Šamec, 2011). Ancak, üzümsü meyveler koruyucu bir tabakadan yoksun oldukları için çok hassastır ve bu nedenle su kaybına, mekanik hasara ve mantar kontaminasyonuna karşı oldukça duyarlıdırlar (Horvitz, 2017). Üzümsü meyvelerin hasat sonrası kayıpları çeşitli nedenlerden kaynaklanır. Taşıma veya işleme sürecinde meydana gelen mekanik hasarlar, meyve suyu kayıplarına yol açabilir ve bu da çürümeye karşı duyarlılığı artırır (Zhao, 2007). Hasar, ayrıca meyvelere yumurtalarını bırakan böcekler nedeniyle de meydana gelebilir. Bir kez hasar oluştuğunda, meyve saprofit kontaminasyonuna daha duyarlı hale gelir ve funguslar tarafından meydana gelen hastalıklar üzümsü meyvelerde en yaygın ve en büyük ekonomik kayıplara neden olan sebeplerden biridir (Eckert ve Ogawa, 1988; Almenar ve ark., 2007).

Yaban mersini için başlıca hasat sonrası hastalıklar, gri küf (*Botrytis cinerea*), çürüme (*Alternaria spp.*) ve antraknoz (*Colletotrichum spp.*) olarak bilinir. *B. cinerea*, yaban mersini meyvelerine 15 ile 25°C sıcaklık aralığında ve %95'ten fazla nem oranında saldıran nekrotrofik bir fungustur. İnfeksiyon, büyüme ve gelişmenin erken aşamalarında meydana gelir ve yumuşama, su kaybı veya gri miselyum gelişimi gibi çeşitli semptomlar oluşturur. Öte yandan, *Alternaria spp.*, meyvede doğal olarak bulunan veya önceki yaralardan faydalanarak yaban mersinine nüfuz edebilen bir fungustur (Bell ve ark., 2021). Bu durumda, meyvede, bozulma işareti olan beyaz veya yeşilimsi gri miselyumla birlikte koyu lekeler gösterir (Zhu ve Xiao, 2015). *Alternaria spp.* 20 ile 30°C sıcaklıklarda büyüyebilir ve alternariol gibi toksik ikincil metabolitler üretir (Munitz ve ark., 2013). Ayrıca, yaban mersininde *Colletotrichum spp.* tarafından antraknoz hastalığı da oluşabilir. Bu hastalık meyve olgunlaştığında ortaya çıkar ve meyve çürümmesine neden olur (Bell ve ark., 2021).

Ahududu ve böğürtlende en yaygın fungal patojenler *B. cinerea*, *Cladosporium spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* ve *Rhizopus spp.* olarak bilinir (Huynh ve ark., 2019). Ahududunda, *B. cinerea* bitkinin sapları, yaprakları, tomurcukları ve meyveleri enfekte eder ve toplandıktan sonra meyvenin kahverengi bir renk ve yumuşak bir dokuya sahip olmasına neden olur (Carisse ve ark., 2018). *B. cinerea* da çilekte yaygın bir fungal patojen olarak kabul edilir ve %80'den fazla nem koşullarında hem meyveleri hem de vejetatif dokuları etkiler. Çilekler ayrıca, pektinlerin parçalanmasıyla birlikte beyaz miselyumun ortaya çıkması sonucu meyvenin sulu bir çürümmesine neden olan pektik enzimler üreten *Rhizopus spp.* tarafından da enfekte edilebilir (Tournas ve Katsoudas, 2005).

Üzüm çeşitleri de üzüksü meyveler arasında yer alır ve hem şarap sektöründe hem de taze tüketimde çok önemli bir meyvedir. Üzümün de en önemli patojenlerden biri, genellikle meyve yüzeyinde bulunan ve çimlenme için optimal bir ortam sağlayan *B. cinerea*'dır (De Simone ve ark., 2020). Ancak, *Penicillium sp.* ve *Aspergillus sp.* gibi diğer cinsler de üzümde patojeniktir (Di Canito ve ark., 2021).

Hasat sonrası hastalıkların ekonomik önemi büyüktür. Bu hastalıklar, hem üreticiler hem de tedarik zinciri boyunca yer alan diğer paydaşlar için ciddi mali kayıplara neden olabilir. Patojen saldırıları, hasat sonrası süreçte meyve ve sebzelerin bozulmasının başlıca nedenlerinden biridir ve raf ömrünü azaltır. Küresel kayıpların, toplam meyve ve sebze üretiminin %33'ü olduğu

tahmin edilmektedir (Dukare ve ark., 2019). Üzümsü meyvelerin hasat sonrası kayıpları, toplam üretimin %20-50'sine ulaşabilir. Bu kayıplar, sadece doğrudan ürün değeri kaybı değil, aynı zamanda depolama, taşıma ve işleme maliyetlerinin artması gibi dolaylı zararları da içerir. Ayrıca, hastalıklı meyvelerin tüketici güvenini azaltması ve pazar talebini düşürmesi gibi uzun vadeli etkiler de ekonomik zararların bir parçasıdır (Feliziani ve Romanazzi, 2013; Singh ve Sharma, 2018).

Bu bölümde, üzüksü meyvelerde görülen başlıca hasat sonu hastalıklar, bu hastalıkların belirtileri, etmenleri ve korunma stratejileri üzerinde durulacaktır. Hasat öncesi ve sonrası uygulamaların iyileştirilmesi, hijyenik depolama koşulları ve biyolojik kontrol yöntemleri gibi stratejiler, hasat sonu hastalıkların yönetiminde önemli rol oynar. Üzümsü meyvelerin kalitesini korumak ve ekonomik kayıpları en aza indirmek için etkili hastalık yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Üzümsü Meyvelerde Görülen Ana Depo Hastalıkları

Gri Küf (*B. cinerea*)

B. cinerea, Ascomycota şubesinde teleomorf *Botryotinia fuckeliana*'nın eşeysiz evresidir (anomorf). Kozmopolit bir cins olan *Botrytis*, 22 tanınmış tür ve bir hibrit içerir ve bunların hepsi bitki patojenidir. *B. cinerea*, geniş bir konakçı yelpazesine sahip olan cinste tek türdür, oysa diğer tüm *Botrytis* türleri tek bir bitki türüne özelleşmiş olarak kabul edilir. *Botrytis* cinsinin yaygın sınıflandırması büyük ölçüde morfolojik karakterlere ve daha az ölçüde fizyoloji ve konakçı yelpazesine dayanmaktadır. Son zamanlarda, üç nükleer protein kodlayan genin DNA dizi verilerine dayanan bir sınıflandırma oluşturulmuştur. Bu genler arasında gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz (G3PDH), ısı şok proteini 60 (HSP60) ve DNA'ya bağımlı RNA polimeraz alt birimi II (RPB2) bulunur (Staats ve ark., 2005).

B. cinerea, geniş bir konakçı yelpazesine sahiptir ve bu nedenle birçok mahsulde hasat öncesi veya sonrası bir patojen olarak kolayca bulunabilir. Son yapılan bir incelemeye göre, etmen bilimsel ve ekonomik önemine dayanarak dünya çapında en önemli 10 patojen listesinde ikinci sırada yer almaktadır. Dünya genelinde 200'den fazla dikotiledon bitki türünün etmen için konakçı olduğu tahmin edilmektedir. Gri küf kontrolünün (kültürel önlemler, botritisitler, geniş spektrumlu fungusitler, biyokontrol) küresel maliyeti yıllık olarak kolayca 1 milyar Euro'yu aşmaktadır. Hastalık

kontrolüne rağmen meydana gelen ürün kaybının ve perakende zinciri boyunca oluşan kalite kaybının etkisi muhtemelen çok daha yüksektir (Williamson ve ark., 2007; Dean ve ark., 2012). FAO'nun son yaptığı bir çalışmada, dünya genelinde üretilen meyve ve sebzelerin toplam miktarına kıyasla, hasat sonrası aşamada %15 ile %50 arasında bir kayıp olduğu ve bunun büyük ölçüde patojen çürümesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (FAO, 2011).

Hasat sonrası gri küfe duyarlı sebze ve küçük meyve mahsulleri arasında enginar, elma, kuşkonmaz, fasulye, pancar, böğürtlen, yaban mersini, brokoli, lahana, havuç, karnabahar, kereviz, salatalık, frenk üzümü, patlıcan, pazı, üzüm, lahana, kakı, kivi, pırasa, mercimek, limon, marul, soğan, bezelye, fıstık, biber, armut, şeftali, erik, nar, patates, kabak, ahududu, çilek, tatlı kiraz, domates gibi birçok tür bulunmaktadır (Droby ve Lichter, 2007; Romanazzi, 2013).

B. cinerea enfeksiyonları hasat öncesi, tarla aşamasında meydana gelebilir ve depolama sırasında yüksek bağıl nem ve düşük sıcaklıklardan faydalanarak hastalık gelişimini sürdürebilir, bu durumda konak bitkinin savunmalarını yavaşlatır. Enfeksiyonların başlangıcında, meyve dokularının diğer kısımlarından daha yumuşak olduğu ve daha koyu bir dairesel alanın görülebildiği gözlemlenir, ardından bölgenin ışık miktarına bağlı olarak beyazdan griye değişen bol spor oluşumu gözlemlenebilir. Enfeksiyon genellikle meyvenin doğal açıklıklarından veya mekanik yaralardan kaynaklanır. Sıklıkla, *B. cinerea* sağlıklı meyvelerin yanındaki çürümüş meyvelerden gelişebilir, bu da ürünlerin yaygın bir şekilde bozulmasına neden olabilir (Romanazzi ve Feliziani, 2014).

Mavi-Yeşil Küf (*Penicillium spp.*)

Penicillium spp., geniş bir konak yelpazesine sahip nekrotrofik bir hasat sonrası patojendir ve enfekte edebilmek genellikle bir yara veya doğal açıklıklara ihtiyaç duyar gerektirir (Wenneker ve Thomma, 2020). Doğal ekosistemlerde, tarımda ve biyoteknolojide çeşitli roller oynayan cins, 350'den fazla türü içerir. Bu küflerin faydalı ve ekonomik olarak yıkıcı olan iki yüzü vardır. Etmen öncelikli olarak elma, Avrupa armudu, Asya armudu, muşmula ve ayvada önemli bir tehdit olsa da ayrıca, sert çekirdekli meyvelerde (kiraz, erik, şeftali), çilek, kivi, domates, mısır, pirinç ve fındıkta da enfeksiyona yol açabilmektedir. Üzümde de yaygın olarak bulunur ve özellikle hasat sonrası soğuk depolama koşullarında önemli bir

bozulma veya çürüme etkenidir. Çürümenin önde gelen nedenlerinden biri ürettikleri patulin, citrinin, chaetoglobosinler, communesinler, roquefortine C, expansolides A ve B, ochratoxin A, penitrem A, rubratoxin B ve penicillilic asit gibi mikotoksinlerdir (Yadav ve ark., 2018; Luciano-Rosario ve ark., 2020).

Bu funguslar, genellikle yeşilimsi-mavi renkli küf kolonileri oluşturarak meyvelerde estetik ve yapısal bozulmalara neden olurlar. Enfeksiyonun başlangıcında meyveler üzerinde küçük, suyu andıran mavi-yeşil lekeler oluşur ve bu lekeler hızla genişleyerek meyvenin yüzeyinde büyük alanları kaplar. Lekelerde oluşan konidiyalar, enfeksiyonun birincil kaynağıdır ve ambalajlama tesislerinde su kanallarında, kutu yüzeylerinde, meyvede ve havada bulunur (Sutton ve ark., 2014). Bu sporlar, havada serbestçe taşınarak uygun koşullarda çimlenir ve miselyumlar oluşturur. Bu miselyumlar, meyvenin dokularına nüfuz ederek hücre duvarlarını parçalar ve besin maddelerini tüketir (Errampalli, 2004; Rosenberger ve ark., 2006). *Penicillium* türleri, özellikle asidik ortamları ve nemli koşulları tercih eder, bu yüzden üzümü meyveler gibi yüksek su içeriğine sahip ürünlerde kolayca yayılabilirler (Palou, 2014).

Alternaria spp.

Alternaria türleri kozmopolit küf fungusları olup topraklarda, bitkilerde, gıdalarda, çürüyen bitki dokularında, yemlerde ve iç mekan havasında bulunabilir. *Alternaria* cinsi, hem saprofitler hem de bitki patojenleri içerir ve dünya genelinde tarla bitkilerini enfekte eden ve birçok bitki ürününün hasat sonrası çürümmesine neden olan funguslar olarak bildirilmiştir (Thomma, 2003). Bazı türler fırsatçıdır ve tahıllar, süs bitkileri, yağ bitkileri, karnabahar, brokoli, havuç ve patates gibi sebzeler ile domates, narenciye ve elma gibi meyveler de dahil olmak üzere geniş bir yelpazedeki önemli tarımsal bitkilerde ekonomik etkiye sahip çeşitli hastalıklara neden olur. Düşük sıcaklıklarda bile gelişebildiklerinden, *Alternaria* türleri hasat sonrası patojenler olarak bilinirler ve soğuk zincirde taşıma ve depolama sırasında gıda maddelerinin bozulmasından sorumludurlar (Ostry, 2008). Bazı *Alternaria* türleri, güçlü mikotoksinler üreten toksik ikincil metabolitlerin üretimiyle bilinir ve bu mikotoksinlerin memelilerde kanser gelişiminde rol oynadığı düşünülmektedir. Özellikle *A. alternata*, bağışıklık sistemi zayıf olan hastalarda ortaya çıkan insan patojeni olarak önem kazanmaktadır (Thomma, 2003). Çoğu *Alternaria* türünün konidioforları, 160-200 µm uzunluğunda eşeysiz sporlar (konidiler) üretir. In vitro koşullarda, sporlanma 8-24 °C sıcaklık aralığında gerçekleşir ve olgun sporlar 14-24 saat sonra ortaya çıkar.

Optimum sıcaklıklar 16-24 °C arasında olup, sporlanma süresi 12-14 saat arasında değişir. Enfeksiyon için yağmur, çiy veya yüksek nem varlığında minimum 9-18 saat nem gereklidir (Humpherson-Jones ve Phelps, 1989).

Alternaria patojenlerinin taşınmasının ana kaynakları, tohum kabuğunda sporlar bulunan veya tohum kabuğunun altında miselyum bulunan enfekte tohumlardır. Sporların yayılması rüzgar, su, aletler ve hayvanlar yoluyla gerçekleşir. Fungus, hassas yabancı otlarda veya çok yıllık bitkilerde hayatta kalabilir. Hasattan sonra yerde bırakılan enfekte bitkilerin varlığı da birçok *Alternaria* türü için enfeksiyon kaynağı olarak hizmet eder (Chupp ve Sherf, 1960; Maude ve Humpherson-Jones, 1980).

Alternaria genellikle konak bitkilerinin toprak üstü kısımlarına saldırır. Yapraklarda, *Alternaria* enfeksiyonunun belirtileri tipik olarak küçük, dairesel, koyu bir leke olarak başlar. Hastalık ilerledikçe, dairesel lekeler çapı 1 cm veya daha fazla büyüyebilir ve genellikle gri, gri-tan veya siyaha yakın renkte olur. Bu patojenin tekdüze bir büyüme hızı yoktur, bu nedenle lekeler konsantrik halkalardan oluşan bir hedef deseninde gelişir. Hedef deseninin yanı sıra, lezyon genellikle ince, siyah, tüylü bir büyümeyle kaplıdır. Bu büyüme, ölen konak dokusunda sporlanan *Alternaria* fungusudur. Birçok *Alternaria* türü, fungusun önünde konak dokusuna yayılan toksinler de üretir. Bu nedenle, hedef lekenin etrafındaki sağlıklı konak dokularına doğru yayılan sarı bir hale görülür. Öte yandan, koyu ve çökük lezyonlar genellikle kök, yumru, gövde ve meyvelerde *Alternaria* enfeksiyonlarını ifade eder. Fungus bu kanserli alanlarda sporlanabilir ve etkilenen bölgeyi kaplayan ince, siyah, kadifemsi fungus ve spor gelişimine yol açabilir (Nayyar ve ark., 2014).

Aspergillus niger

Aspergillus niger, çevrede yaygın olarak bulunan filamentli aerobik gelişen bir askomiset fungusudur. *A. niger*'in genom büyüklüğünün, 3.5–6.6 Mb arasında değişen sekiz kromozom/bağlantı grubuna bölünmüş olarak 35.5 ile 38.5 megabaz (Mb) arasında olduğu tahmin edilmektedir (**Baker, 2006**). Dünyanın dört bir yanından birçok siyah *Aspergillus* türü izole edilmiştir. Doğada, toprak ve çöplüklerde, kompostlarda ve çürüyen bitki materyali üzerinde bulunabilir. *A. niger*, 6–47°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında gelişebilir ve optimum gelişim sıcaklığı 35–37°C'dir. *A. niger*, 1.4–9.8 arasında çok geniş bir pH aralığında gelişebilir (**Reiss, 1986**). Bu özellikleri ve hava yoluyla yayılan bol miktarda konidiospor üretimi, türün her yerde bulunmasını sağlar (**Rippel-Baldes 1955**).

A. niger, meyvelerde hasat sonrası hastalıklara neden olabilen yaygın bir fungusdur ve özellikle depolama sürecinde meyve ve sebzelerde ciddi bozulmalara yol açar. Bu fungus, genellikle yüksek nem ve sıcaklık koşullarında hızla çoğalır ve gıda ürünlerinde siyah küf olarak kendini gösterir (Al-Sheikh, 2009; Anjili ve ark., 2015). Belirtileri arasında, etkilenen ürünlerin yüzeyinde siyah, tozlu sporlar ve küf oluşumu görülür. Fungusun enfekte ettiği meyve ve sebzeler, yumuşar ve çürümeye başlar, bu da ürünlerin ticari değerini kaybetmesine neden olur. *A. niger*'in ürettiği enzimler, meyve ve sebzelerin hücre duvarlarını parçalayarak daha fazla su kaybına ve dokuların bozulmasına yol açar (Izarra ve ark., 2010; Kuhad ve ark., 2011). Özellikle üzüm, incir, soğan, hurma, ceviz ve yer fıstığı gibi ürünler *A. niger*'in saldırısına karşı daha savunmasızdır (Ayoub ve ark., 2010; Khalifa ve ark., 2017; Massi ve ark., 2021; Cohen ve ark., 2021; Ghuffar ve ark., 2021). Hasat sonrası bu hastalık, yalnızca ürünlerin kalitesini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda mikotoksin üretimi nedeniyle insan sağlığı için de tehlike oluşturabilir (Fianchi ve ark., 2004; Person ve ark., 2010). *A. niger*'in neden olduğu bu hastalıklar, tarımsal ürünlerde önemli ekonomik kayıplara yol açar ve etkili depolama ve muhafaza yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılar.

Rhizopus spp.

Rhizopus spp. (özellikle *R. stolonifer* ve bazen *R. sexualis*) ve *Mucor spp.* (özellikle *M. piriformis*, *M.ucedo* ve *M. hiemalis*), sırasıyla *Rhizopus* ve *Mucor* çürüklüklerinin ana türleri olarak rapor edilmiştir (Maas, 1998).

Rhizopus stolonifer, *Rhizopus* cinsi içinde en önemli tür olarak kabul edilmektedir. *R. stolonifer* enfeksiyonunun belirgin hastalık belirtileri, uçlarında siyah sporangium kütleleri oluşturan kaba, gri tüylü miselyumlar tarafından hızla kaplanan sulu alanlardır. Enfeksiyon genellikle hasat ve taşıma sırasında meydana gelir. *R. Stolonifer*'in enfekte edebileceği geniş konakçı yelpazesi ve hızlı nüfuz etme ve kolonize olma yeteneği nedeniyle, bu mantar kontrol edilmesi gereken önemli bir hedef haline gelmiştir. *R. stolonifer*'in neden olduğu enfeksiyonlar, meyve ve sebzelerde hızla yayılabilir ve büyük ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu nedenle, bu patojeni kontrol altına almak için etkili stratejiler geliştirmek, tarım ve gıda endüstrisi için kritik öneme sahiptir. Enfeksiyonun yayılmasını önlemek için hasat sonrası hijyen uygulamaları, uygun depolama koşulları ve enfekte olmuş ürünlerin hızla ayrılması gibi önlemler büyük önem taşır. Ayrıca, antifungal tedaviler ve koruyucu önlemler de bu patojenin yönetiminde kullanılabilir.

(Kwon ve ark., 2001; Latorre ve ark., 2002; Bautista-Baños ve ark., 2005; Kwon ve ark., 2006; Hanson, 2010).

Üzüm Sü Meyvelerde Hasat sonrası Hastalık Yönetimi

Meyvelerin çürümesini önlemek veya geciktirmek için çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Fiziksel yöntemler arasında kontrollü atmosferde paketlenme, soğutma, sıcak su arıtma veya yenilebilir kaplamaların kullanımı yer alır. Kontrollü atmosfer paketlenme, belirli O₂ ve CO₂ seviyelerinin korunmasına dayanmaktadır (Kumar ve ark., 2018). Bu gazların önemli bir kısmı, hücresel metabolizmaya müdahale ettiğinden birçok mikroorganizma üzerinde engelleyici etkiye sahiptir (Bower, 2007). Ozon, böğürtlen, yaban mersini ve ahudududa hasat sonrası işlemlerde kullanılan oksitleyici bir maddedir. Bu bileşik toksik olarak kabul edilmez ve genellikle gaz formunda uygulanır. Ayrıca bu bileşik etileni oksitleyebilir, böylece meyve olgunlaşmasının gecikmesine yardımcı olabilir (Huynh ve ark., 2019). Ayrıca gamma radyasyonunun kullanımı, meyvelerin kalitesini etkilemeden *Rhizopus* spp. ve *B. cinerea*'nın kontaminasyonunu engellemede etkilidir ve kükürt dioksit alternatifi olarak kullanılabilir (Zhao, 2007). Öte yandan kimyasal işlemler arasında *B. cinerea* kontaminasyonunu azaltmak için meyvelerde dezenfektan gaz olarak kükürt dioksit kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2018). Antimikrobiyal aktiviteye sahip olan, kükürt dioksit genellikle ambalajın içine küçük paketler kullanılarak uygulanarak meyvenin bozulmasını geciktirir (Lück ve Jager, 1997; Saito ve ark., 2020). Funguslar de fungal hastalıklarla mücadelede kullanılan yaygın kimyasallardır. Meyvenin korunması ve kalitesi açısından iyi sonuçlara rağmen kimyasal işlemlerin insan sağlığı ve çevre üzerinde büyük etkileri vardır (Bell ve ark., 2021).

Üzüm Sü Meyvelerde Hastalıkların Biyolojik Kontrolü

Biyo-kontrol, bitki patojenlerinin kontrolü için önemli bir strateji olarak kullanılan canlı mikroorganizmalar veya bunlardan elde edilen ürünlerin kullanımına dayanır. Bu yöntem, patojenleri azaltarak veya stabilize ederek ekonomik kayıpları önlemeyi amaçlar. Kısa, orta ve uzun vadede etkili olan bu sistem, çevre, insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip değildir (Cuthbert ve ark., 2018; Carmona-Hernandez ve ark., 2019). Bitkisel savunma ile ilişkili fitohormonlar gibi doğal bitki kökenli ürünlerin kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Genellikle bakteriler, fungusların kontrolünde antagonizma göstermek için kullanılır. Bakteriler, besin ve mekân

rekabeti yapar, hidrolitik enzimler üreterek mantar hücre duvarlarını parçalar, yaralı meyvelerde biyofilm oluşturarak patojen girişini engeller ve iturin gibi güçlü antifungal bileşikler üretebilirler. Bu şekilde, bakteriler konak bitkilerde savunma tepkilerini indükleyerek patojenlerle savaşır. Besin ve mekân rekabeti, bakteriyel biyo-kontrol ajanlarının en önemli etki mekanizmalarından biridir, çünkü bu şekilde patojenik fungal için gerekli olan karbon kaynakları sınırlanmış olur (Carmona-Hernandez ve ark., 2019; Wan ve ark., 2021). Karbonhidratlar veya amino asitler gibi yer ve besin maddeleri için rekabet, çeşitli bakteriyel biyokontrol ajanlarında açıklanmıştır (Saravanakumar ve ark., 2008; Kim ve ark., 2016; Tockhom ve ark., 2017; Dukare ve ark., 2019). Besin ve ortam rekabetinden başka, iturin ve pirolnitrin gibi *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas cepacia* tarafından üretilen antifungal maddeler ikinci en önemli mekanizmadır (Torres ve ark., 2014; Carmona-Hernandez ve ark., 2019; Dukare ve ark., 2019; Jiang ve ark., 2019). Antibiyozis, düşük konsantrasyonlarda etkili olan ve uzun mesafelere yayılabilen uçucu organik bileşiklerin üretimi yoluyla da gerçekleştirilir. Bunlar arasında alkoller, ketonlar, laktonlar ve terpenler bulunur. Hem antibiyotikler hem de VOC'ler fitopatojenlerin büyümesini engeller. Diğer yandan, bakterilerin ürettikleri litik enzimler, fungus hücre duvarının yapı taşlarını lize eder ve hücre duvarını zayıflatarak veya parçalayarak, böylece fungusun yok edilmesini sağlar. Bu mekanizma, bakterilerin mantarlar üzerinde antagonistik etkilerini gösteren önemli bir stratejidir (Spadaro ve Droby, 2016; Carmona-Hernandez ve ark., 2019).

Hasat sonrası kontrol için bu mikrobiyal ajanlar, ürünleri biyokimyasal bir çözelti içinde batırarak veya püskürtme yoluyla uygulanır. Ayrıca, bu işlemin hasat öncesi uygulamadan daha etkili olduğu gösterilmiştir (Carmona-Hernandez ve ark., 2019; Dukare ve ark., 2019). Yabanî mersin ve çileklerde *B. cinerea*'yı ve yaban mersinlerinde *A. alternata*'yı inhibe eden *Bacillus pumilus* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi bazı bakteriler biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılmaktadır (Bower, 2007; Bell ve ark., 2021). Diğer yandan, *Trichoderma asperellum*, *Aureobasidium pullulans* veya *Fusarium proliferatum* gibi endofitik mantarlar *B. cinerea*'ya karşı antagonist olarak etki gösterebilen sekonder metabolitler ve hücre dışı enzimler üreterek patojenlerin biyolojik kontrolünde önemli bir rol oynarlar (Bolívar-Anillo ve ark., 2020). *A. pullulans*, *Metschnikowia fructicola* veya *Cryptococcus albidus* gibi çeşitli maya türleri de antagonist olarak işlev görebilir (Freimoser ve ark., 2019).

Çok sayıda çalışma ise meyve ve sebzelerde biyolojik kontrol stratejisi olarak chitosan filmlerin etkinliğini rapor etmektedir (Salgado-Cruz ve ark., 2021). Oregel-Zamudio ve ark., (2017), *B. subtilis* ile etkileşimde olan yenilebilir balmumu tabanlı kaplamalar geliştirmiştir. Bu kaplamalar, çileklerin raf ömrünü uzatmayı başarmış, kalite ve pH parametrelerini korumuş, çürümeyi azaltmış ve biofilm, antibiyotik veya sideroforlar üreterek *R. stolonifer* gibi önemli bir fitopatojenle mücadelede önemli bir direnç sağlamıştır. Çilekte *Salmonella* sp. İnfeksiyonu whey protein ve bir faj karışımı yenilebilir kaplama kullanımıyla önemli ölçüde azaltılmıştır (Sezer ve ark., 2022). Benzer şekilde laktik asit bakterileri (*Lactobacillus plantarum*) ile üretilen yenilebilir filmler sayesinde üzümdeki fungal çürümeyi önemli ölçüde azaltmıştır (Lappa ve ark., 2018; Marín ve ark., 2019).

Hastalık Kontrolünde Yenilebilir Kaplamalar

Yenilebilir kaplamalar, doğrudan gıda yüzeyine uygulanarak mikrobiyal yükü azaltır ve ürünün kalite kaybını önler. Nem, oksijen, karbondioksit, tat ve aroma transferini engeller, faydalı bileşenleri gıdaya aktarabilir. Doğal polimerlerden yapılan bu kaplamalar, plastikleştiricilerle işlevsellik kazandırılabilir ve yenilebilir olmalıdır. Yenilebilir kaplamalar, çevreyi kirletmeyen doğaları, gıda israfını azaltmaları, bozulabilir ürünlerin raf ömrünü uzatmaları ve besleyici özellikleri iyileştirmeleri gibi avantajlara sahiptir (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997; Albertos ve ark., 2019).

Yenilebilir filmler ve kaplamalarda antimikrobiyal biyopolimerler veya aktif bileşenler kullanılır. Bunlardan biri olan kitosan, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle geniş çapta kullanım alanı bulmuştur. Kitosan, pozitif yüklerinin negatif yüklü bakteriyel zar için Ca^{2+} ile rekabet etmesini sağlar (Coma ve ark., 2002). Kitosan kaplaması, farklı konsantrasyonlarda yaban mersini, sofralık üzüm ve çilekte test edilmiş ve meyve kalitesini koruduğu ve çürümeyi önlediği rapor edilmiştir (Yang ve ark., 2014; Rico ve ark., 2019; Chiabrando ve Giacalone, 2015; Shiri ve ark., 2013). Diğer yandan organik asitler, bakteriyosinler, laktoperoksidaz ve esansiyel yağlar da antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilir (Campos ve ark., 2011). Yapılan bir araştırmada alginat kaplamalarının depolama süresince çileklerin ağırlık kaybını azalttığını ve sertliğini koruduğunu göstermiştir (Fan ve ark., 2009). Peretto ve ark. (2014), esansiyel yağların (karvakrol ve metil sinamat) çilek meyvesinde ağırlık kaybını önlediğini, çürümeyi ve sertlik kaybını önlediğini ve antioksidan kapasite kaybını geciktirdiğini bildirmiştir.

SONUÇ

Üzümsü meyveler, yüksek besin değerleri ve antioksidan özellikleri ile bilinirken, hasat sonrası dönemde karşılaşılan hastalıklar ve bozulmalar, ürün kaybına ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Bu kitap bölümü, üzüksü meyvelerde görülen depo hastalıklarının kontrolü için kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin kapsamlı bir incelemesini sunmaktadır. Yaygın depo hastalıkları arasında *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* ve *Rhizopus* spp. gibi mantar patojenleri öne çıkmaktadır. Fiziksel yöntemler arasında kontrollü atmosfer paketleme, soğutma, sıcak su uygulamaları ve yenilebilir kaplamalar öne çıkarken, kimyasal yöntemler arasında sülfür dioksit ve çeşitli fungusitlerin kullanımı yaygındır. Ancak, kimyasal yöntemlerin insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri olması nedeniyle, biyolojik kontrol yöntemleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Biyolojik kontrol, patojenlerle savaşılan yararlı mikroorganizmaların kullanılmasını içerir ve bu yöntemlerin çevre dostu olması, sürdürülebilir tarım uygulamaları için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Yenilebilir kaplamalar ve biyokontrol ajanları, meyve yüzeyinde mikrobiyal yükü azaltarak ve kalite kaybını önleyerek etkinlik göstermektedir. Kitosan kaplamaları ve esansiyel yağlar gibi doğal bileşenlerin kullanımı, hem ürün ömrünü uzatmakta hem de antioksidan kapasiteyi koruyarak meyvelerin besin değerini artırmaktadır. Sonuç olarak, depo hastalıklarının yönetiminde entegre yaklaşımlar benimsenmeli ve biyolojik kontrol yöntemleri daha yaygın bir şekilde kullanılmalıdır. Bu şekilde, üzüksü meyvelerin kalite ve raf ömrü korunabilirken, çevresel etkiler de minimize edilecektir.

KAYNAKÇA

- Albertos, I., Martín-Diana, A.B., Rico, D. (2019). Fish-gelatin and carob seed peel by-product for developing novel edible films. In: Cruz, R.M.S. (Ed.), *Food Packaging Innovation and Shelflife*. CRC-Press., Boca Raton, pp. 221–231.
- Almenar, E., Auras, R., Rubino, M., & Harte, B. (2007). A new technique to prevent the main post harvest diseases in berries during storage: Inclusion complexes β -cyclodextrin-hexanal. *International journal of food microbiology*, 118(2), 164-172.
- Ayoub, F., Reverberi, M., Ricelli, A., d’Onghia, A. M., & Yaseen, T. (2010). Early detection of *Aspergillus carbonarius* and *A. niger* on table grapes: a tool for quality improvement. *Food Additives and Contaminants*, 27(9), 1285-1293.
- Baker, S. E. (2006). *Aspergillus niger* genomics: past, present and into the future. *Medical mycology*, 44(Supplement_1), S17-S21.
- Bautista-Baños, S., Bosquez-Molina, E., & Barrera-Necha, L. L. (2014). *Rhizopus stolonifer* (soft rot). In *Postharvest decay* (pp. 1-44). Academic Press.
- Bell, S. R., Montiel, L. G. H., Estrada, R. R. G., & Martínez, P. G. (2021). Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: A review. *Lwt*, 149, 112046.
- Bell, S.R., Montiel, L.G.H., Estrada, R.R.G., Martínez, P.G. (2021). Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: a review. *LWT Food Sci. Technol.* 9, 87–100. <https://doi.org/10.3920/BM2017.0002>.
- Bell, S.R., Montiel, L.G.H., Estrada, R.R.G., Martínez, P.G. (2021). Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: a review. *LWT Food Sci. Technol.* 9, 87–100. <https://doi.org/10.3920/BM2017.0002>.
- Bolívar-Anillo, H.J., Garrido, C., Collado, I.G. (2020). Endophytic microorganisms for biocontrol of the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *Phytochem. Rev.* 19, 721–740. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09603-5>.

- Bower, C. (2007). Postharvest handling, storage, and treatment of fresh market berries. In: Zhao, Y. (Ed.), *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*. CRC-Press, Boca Raton, pp. 261–284.
- Bower, C. (2007). Postharvest handling, storage, and treatment of fresh market berries. In: Zhao, Y. (Ed.), *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*. CRC-Press, Boca Raton, pp. 261–284.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol.* 4, 849–875. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0434-1>.
- Carisse, O., McNealis, V., & Kriss, A. (2018). Association between weather variables, airborne inoculum concentration, and raspberry fruit rot caused by *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 108(1), 70-82.
- Carmona-Hernandez, S., Reyes-Pérez, J.J., Chiquito-Contreras, R.G., Rincon- Enriquez, G., Cerdan-Cabrera, C.R., Hernandez-Montiel, L.G. (2019). Biocontrol of postharvest fruit fungal diseases by bacterial antagonists: a review. *Agronomy* 9, 121. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030121>.
- Chiabrando, V., Giacalone, G. (2015). Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity after fresh storage of blueberry treated with edible coatings. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 66, 248–253. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.986075>
- Chupp, C., Sherf, A. F. (1960). *Vegetable diseases and their control*. The Ronald Press Company, New York, USA, 1960. pp. 267- 269.
- Cohen, Y., Shulhani, R., Rot, Y., Zemach, H., Belausov, E., Grinberg-Baran, M., ... & Shtienberg, D. (2021). *Aspergillus niger*, the causal agent of black mould disease in date fruits, infects and colonizes flowers and young fruitlets. *Plant Pathology*, 70(5), 1195-1208.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J. Food Sci.* 67, 1162–1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09470.x>.
- Cuthbert, R.N., Dick, J.T., Callaghan, A., Dickey, J.W. (2018). Biological control agent selection under environmental change using functional responses, abundances and fecundities; the relative control potential (RCP) metric. *Biol. Control* ,121, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.02.008>.

- Çağlar, M., Demirci, M. (2018). Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26.
- De Simone, N., Pace, B., Grieco, F., Chimienti, M., Tyibilika, V., Santoro, V., Russo, P. (2020). Botrytis cinerea and table grapes: A review of the main physical, chemical, and bio-based control treatments in post-harvest. *Foods*, 9(9), 1138.
- Dean, R., van Kan, J.A.L., Pretorius, Z.A., et al. (2012). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.* 13, 414–430.
- Di Canito, A., Mateo-Vargas, M. A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G., Vigentini, I. (2021). The role of yeasts as biocontrol agents for pathogenic fungi on postharvest grapes: A review. *Foods*, 10(7), 1650.
- Droby, S., Lichter, A. (2007). Postharvest Botrytis. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Eds.), *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Springer, Heidelberg, pp. 349–367.
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(9), 1498-1513.
- Dukare, A.S., Paul, S., Nambi, V.E., Gupta, R.K., Singh, R., Sharma, K., Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 1498–1513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1417235>.
- Eckert, J. W., & Ogawa, J. M. (1988). The chemical control of postharvest diseases: deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. *Annual Review of Phytopathology*, 26(1), 433-469.
- Errampalli, D. (2004). Effect of fludioxonil on germination and growth of *Penicillium expansum* and decay in apple cvs. Empire and Gala. *Crop Protection*, 23, 811–817.
- Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biol. Technol.* 53, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.03.002>.

- FAO (2011). Global food losses and food waste. Study conducted for the International Congress “SAVE FOOD!” at Interpack 2011 Düsseldorf, Germany.
- Feliziani, E., Romanazzi, G. (2013). Preharvest application of synthetic fungicides and alternative treatments to control postharvest decay of fruit. *Stewart Postharvest Review*, 9(3), 1-6.
- Fianchi, L., Picardi, M., Cudillo, L., Corvatta, L., Mele, L., Trape, G., Pagano, L. (2004). *Aspergillus niger* infection in patients with haematological diseases: a report of eight cases. *Mycoses*, 47(3-4), 163-167.
- Freimoser, F.M., Rueda-Mejia, M.P., Tilocca, B., Migheli, Q. (2019). Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 35, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2728-4>.
- Ghuffar, S., Ahmad, M. Z., Irshad, G., Zeshan, M. A., Qadir, A., Anwaar, H. A., Farooq, U. (2021). First report of *Aspergillus niger* causing black rot of grapes in Pakistan. *Plant disease*, 105(05), 1570.
- Hanson, L. E. (2010). Interaction of *Rhizoctonia solani* and *Rhizopus stolonifer* causing root rot of sugar beet. *Plant disease*, 94(5), 504-509.
- Horvitz, S. (2017). Postharvest handling of berries. *Postharvest handling*, 107-123.
- Humpherson-Jones, F. M., & Phelps, K. (1989). Climatic factors influencing spore production in *Alternaria brassicae* and *Alternaria brassicicola*. *Annals of Applied Biology*, 114(3), 449-458.
- Huynh, N. K., Wilson, M. D., Eyles, A., Stanley, R. A. (2019). Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*, 9(4), 687-707.
- Izarra, L.M., Santayana, K.G. Villena, and M. Gutiérrez-Correa. (2010). Influencia de la concentración de inóculo en la producción de celulasa y xilanasa por *Aspergillus niger*. *Rev. Colomb. Biotechnol.* 12:139-150.
- Jiang, M.Y., Wang, Z.R., Chen, K.W., Kan, J.Q., Wang, K.T., Zal'an, Z.S., Hegyi, F., Tak'acs, K., Du, M.Y., (2019). Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important bacteria as next-generation pesticides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 104, 1013–1034. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10300-8>.
- Khalifa, R. R., Aljarah, N. S., Matny, O. N. (2017). Detection and investigation of *Aspergillus niger* and ochratoxin A in walnut and peanut. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 48(5), 1223-1230.

- Kim, Y.S., Balaraju, K., Jeon, Y. (2016). Effects of rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* APEC136 and *Bacillus subtilis* APEC170 on biocontrol of postharvest pathogens of apple fruits. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 17 <https://doi.org/10.1631/jzus.B1600117>.
- Krochta, J.M., De Mulder-Johnston, C.D. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technol.* 51, 61–74.
- Kuhad, R.C., R. Gupta, and A. Singh. (2011). Microbial cellulases and their industrial applications. *Enzyme Res.* 2011: 280696. doi:10.4061/2011/280696.
- Kumar, S., Baghel, M., Yadav, A., Dhakar, M.K. (2018). Postharvest biology and technology of berries. In: Mir, S.A., Shah, M.A., Mir, M.M. (Eds.), Postharvest biology and technology of temperate fruits. Springer International Publishing AG., Switzerland, pp. 349–370.
- Kwon, J. H., & Lee, C. J. (2006). Rhizopus soft rot on pear (*Pyrus serotina*) caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Mycobiology*, 34(3), 151-153.
- Kwon, J. H., Kang, S. W., Kim, J. S., Park, C. S. (2001). Rhizopus soft rot on cherry tomato caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Mycobiology*, 29(3), 176-178.
- Lappa, I.K., Mparampouti, S., Lanza, B., Panagou, E.Z. (2018). Control of *Aspergillus carbonarius* in grape berries by *Lactobacillus plantarum*: A phenotypic and gene transcription study. *Int. J. Food Microbiol.* 275, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.001>.
- Latorre, B. A., Viertel, S. C., Spadaro, I. (2002). Severe outbreaks of bunch rots caused by *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* on table grapes in Chile. *Plant Disease*, 86(7), 815-815.
- Lavefve, L., Howard, L.R., Carbonero, F. (2020). Berry polyphenols metabolism and impact on human gut microbiota and health. *Food & Function*, 11(1), 45-65.
- Luciano-Rosario, D., Keller, N. P., & Jurick, W. M. (2020). *Penicillium expansum*: biology, omics, and management tools for a global postharvest pathogen causing blue mould of pome fruit. *Molecular Plant Pathology*, 21(11), 1391-1404.
- Lück, E., Jager, M. (1997). Sulfur dioxide. Antimicrobial Food Additives, second ed. Springer, Germany.
- Maas, J. L. (1998). Compendium of strawberry diseases. St. Paul: *Am. Phytopathological Soc.* 98.

- Mari n, A., Plotto, A., Atar'es, L., Chiralt, A. (2019). Lactic acid bacteria incorporated into edible coatings to control fungal growth and maintain postharvest quality of grapes. *HortScience* 54, 337–343. <https://doi.org/10.21273/HORTSCII3661-18>.
- Massi, F. P., Iamanaka, B. T., Barbosa, R. L., Sartori, D., Ferranti, L., Taniwaki, M. H., Fungaro, M. H. P. (2021). Molecular analysis of *Aspergillus* section *Nigri* isolated from onion samples reveals the prevalence of *A. welwitschiae*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52, 387-392.
- Maude, R. B., Humpherson-Jones, F. M. (1980). Studies on the seed-borne phases of dark leaf spot *Alternaria brassicicola* and grey leaf spot *Alternaria brassicae* of brassicas. *Annals of Applied Biology*, 95(3), 311-319.
- Munitz, M. S., Garrido, C. E., Gonzalez, H. H., Resnik, S. L., Salas, P. M., & Montti, M. I. (2013). Mycoflora and potential mycotoxin production of freshly harvested blueberry in Concordia, Entre Ríos Province, Argentina. *International journal of fruit science*, 13(3), 312-325.
- Nayyar, B. G., Akhund, S., & Akram, A. (2014). A review: management of *Alternaria* and its mycotoxins in crops. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 3(4), 432-437.
- Oregel-Zamudio, E., Angoa-P'erez, M.V., Oyoque-Salcedo, G., AguilarGonz'alez, C.N., Mena-Violante, H.G., (2017). Effect of candelilla wax edible coatings combined with biocontrol bacteria on strawberry quality during the shelf-life. *Sci. Hortic.* 214, 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.038>.
- Ostry V. (2008). *Alternaria* mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. *World Mycotoxin Journal*. 1 (2): 175-188.
- Palou, L. (2014). *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (green mold, blue mold). In *Postharvest decay* (pp. 45-102). Academic Press. Elsevier.
- Peretto, G., Du, W.X., Avena-Bustillos, R.J., Sarreal, S.B.L., Hua, S.S.T., Sambo, P., McHugh, T.H. (2014). Increasing strawberry shelf-life with carvacrol and methyl cinnamate antimicrobial vapors released from edible films. *Postharvest Biol. Technol.* 89, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.11.003>.

- Person, A. K., Chudgar, S. M., Norton, B. L., Tong, B. C., Stout, J. E. (2010). *Aspergillus niger*: an unusual cause of invasive pulmonary aspergillosis. *Journal of medical microbiology*, 59(7), 834-838.
- Piljac-Žegarac, J., & Šamec, D. (2011). Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International*, 44(1), 345-350.
- Reiss J. (1986). Schimmelpilze. Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 33–41
- Rico, D., Barcenilla, B., Meabe, A., Gonz´alez, C., Mart´ın-Diana, A.B. (2019). Mechanical properties and quality parameters of chitosan-edible algae (*Palmaria palmata*) on ready-to-eat strawberries. *J. Sci. Food Agric.* 99, 2910–2921. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9504>.
- Rippel-Baldes A. (1955). Grundzüge der Mikrobiologie, 3rd edn. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Romanazzi, G., Feliziani, E. (2014). Botrytis cinerea (gray mold). In Postharvest decay (pp. 131-146). Academic Press.
- Romanazzi, G. (2013). Innovative control strategies for Botrytis cinerea in different postharvest fruit systems. Proceedings of XVI International Botrytis Symposium, Locorotondo, Italy. June 23–28, 2013, p. 72.
- Rosenberger, D.A., Engle, C.A., Meyer, F.W. and Watkins, C.B. (2006) *Penicillium expansum* invades apples through stems during controlled atmosphere storage. *Plant Health Progress*, 7. <https://doi.org/10.1094/PHP-200601213-01-RS>
- Saito, S., Obenland, D., Xiao, C.L. (2020). Influence of sulfur dioxide emitting polyethylene packaging on blueberry decay and quality during extended storage. *Postharvest Biol. Technol.* 160, 111045 <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111045>.
- Salgado-Cruz, M., de la, P., Salgado-Cruz, J., Garc´ıa-Hern´andez, A.B., Calder´on- Dom´ınguez, G., G´omez-Viquez, H., Oliver-Espinoza, R., Fern´andez-Mart´ınez, M.C., Y´añez-Fern´andez, J. (2021). Chitosan as a coating for biocontrol in postharvest products: a bibliometric review. *Membranes*, 11. <https://doi.org/10.3390/membranes11060421>.
- Saravanakumar, D., Ciavorella, A., Spadaro, D., Garibaldi, A., Gullino, M.L. (2008). *Metschnikowia pulcherrima* strain MACH1 outcompetes *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Penicillium expansum* in apples through iron depletion. *Postharvest Biol. Technol.* 40, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.11.006>

- Sezer, B., Tayyarcan, E.K., Boyaci, I.H. (2022). The use of bacteriophage-based edible coatings for the biocontrol of *Salmonella* in strawberries. *Food Control*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108812>.
- Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D., Sarikhani, H. (2013). Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape cv. "shahroudi" during long-term storage. *J. Food Process. Preserv.* 37, 999–1007. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00735.x>.
- Singh, D., & Sharma, R. R. (2018). Postharvest diseases of fruits and vegetables and their management. In *Postharvest disinfection of fruits and vegetables* (pp. 1-52). Academic Press.
- Slavin, J.L., Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition*, 3(4), 506-516.
- Spadaro, D., Droby, S. (2016). Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: the importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists. *Trends Food Sci. Technol.* 47, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.003>
- Staats, M., van Baarlen, P., van Kan, J. A. (2005). Molecular phylogeny of the plant pathogenic genus *Botrytis* and the evolution of host specificity. *Molecular biology and Evolution*, 22(2), 333-346.
- Sutton, T.B., Aldwinckle, A., Agnello, A.M. and Walgenbach, J.F. (2014) *Compendium of Apple and Pear Diseases and Pests*, 2nd edition. St Paul, MN. American Phytopathological Society.
- Thokchom, E., Thakuria, D., Kalita, M.C., Sharma, C.K., Talukdar, N.C. (2017). Root colonization by host-specific rhizobacteria alters indigenous root endophyte and rhizosphere soil bacterial communities and promotes the growth of mandarin orange. *Eur. J. Soil Biol.* 79, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.02.003>
- Thomma, B. P. (2003). *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular plant pathology*, 4(4), 225-236.
- Tournas, V. H., Katsoudas, E. (2005). Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International journal of food microbiology*, 105(1), 11-17.
- Van Duyn, M.A., Pivonka, E. (2000). Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(12), 1511-1521.

- Wan, C., Kahramanoğlu, İ., Okatan, V. (2021). Application of plant natural products for the management of postharvest diseases in fruits. *Folia Hort* 33, 203–215. <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0016>.
- Wenneker, M. and Thomma, B.P.H.J. (2020) Latent postharvest pathogens of pome fruit and their management: from single measures to a systems intervention approach. *European Journal of Plant Pathology*, 156, 663–681.
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., van Kan, J.A.L. (2007). Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Mol. Plant Pathol.* 8, 561–580.
- Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjiar, N., Saxena, A. K. (2018). Biodiversity of the genus *Penicillium* in different habitats. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering* (pp. 3-18). *Elsevier*.
- Yang, G., Yue, J., Gong, X., Qian, B., Wang, H., Deng, Y., Zhao, Y. (2014). Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biol. Technol.* 92, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.018>.
- Zhao, Y. (2007). *Berry fruit: value-added products for health promotion*. CRC press. Boca Raton.
- Zhao, Y. 2007. *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*, first ed. CRC Press, Boca Raton.
- Zhu, X. Q., Xiao, C. L. (2015). Phylogenetic, morphological, and pathogenic characterization of *Alternaria* species associated with fruit rot of blueberry in California. *Phytopathology*, 105(12), 1555-1567.

BÖLÜM 6

BAHÇE BİTKİLERİNDE POLİNASYON FAKTÖRÜ OLARAK KARASAL BÖCEK TÜRLERİNİN VERİMLİLİK POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA¹
Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY²
Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567668>

¹Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi / Zootekni Ve Hayvan Besleme milkaya@bingol.edu.tr²Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis, Orcid: 0000-0002-5854-1040, Bingöl,

GİRİŞ

Polinasyon, bitkilerde tohum ve meyve oluşumunun temelini oluşturan kritik bir ekosistem hizmetidir (Klein ve ark., 2007). Çiçekli bitkiler, polinasyon süreci sayesinde genetik çeşitliliği artırarak hem kendi türlerinin devamını sağlar hem de insanlar için ekonomik değeri yüksek olan meyve ve sebzelerin üretiminde kilit rol oynar (Potts ve ark., 2016). Bu süreç, çoğunlukla biyotik taşıyıcılar, yani hayvanlar tarafından gerçekleştirilir ve karasal böcekler bu taşıyıcılar arasında önemli bir yere sahiptir (Winfrey ve ark., 2009). Arılar, kelebekler, böcekler ve karıncalar gibi çeşitli böcek grupları, polinasyona sağladıkları katkılarla tarımsal verimlilikte belirleyici rol oynar (Garibaldi ve ark., 2013).

Bahçe bitkileri, özellikle polinasyon hizmetine bağımlı olan elma, kiraz, çilek ve domates gibi ürünlerle ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir (FAO, 2018). Ancak, polinasyonun etkinliği yalnızca bal arıları gibi yaygın olarak bilinen türlerle sınırlı değildir; farklı karasal böcek türleri de bu süreçte tamamlayıcı ve destekleyici roller üstlenir (Rader ve ark., 2016). Örneğin, kelebekler ve böcekler, bazı çiçek türlerinde benzersiz polen taşıma şekilleriyle önemli katkılar sağlar (Willmer, 2011). Böcek çeşitliliğinin artması, polinasyon etkinliğini ve dolayısıyla tarımsal ürünlerin miktar ve kalitesini artırabilir (Isaacs ve ark., 2017).

Ne yazık ki, böcek popülasyonlarındaki azalma, tarımsal sürdürülebilirlik açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Habitat kaybı, tarımsal kimyasalların yoğun kullanımı, iklim değişikliği ve hastalıklar, polinatör böceklerin nüfuslarını ciddi şekilde azaltmaktadır (Goulson ve ark., 2015). Bu durum, tarımsal üretimde polinasyon hizmetine olan bağımlılığı artırarak, böcek çeşitliliği ve ekolojik sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını zorunlu kılmaktadır (Díaz ve ark., 2019).

Bu bağlamda, karasal böceklerin polinasyondaki rolünün detaylı bir şekilde incelenmesi, hem biyolojik çeşitliliğin korunması hem de tarımsal verimliliğin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar, yerel ve yabancı böcek türlerinin genellikle bal arılarından daha etkili polinasyon sağlayabileceğini göstermektedir (Kremen ve ark., 2002). Bu türlerin davranış özellikleri, çiçeklenme süreleri ve ekosistem içindeki rollerinin anlaşılması, polinasyon stratejilerinin optimize edilmesi için değerli bilgiler sunabilir (Blüthgen ve Klein, 2011).

Karasal böceklerin polinasyon süreçlerindeki rolünün derinlemesine incelenmesi, özellikle bahçe bitkilerinin üretiminde gözlenen verimlilik farklılıklarının temel nedenlerini anlamak açısından önemlidir. Farklı bitki türleri, belirli böcek türleriyle karşılıklı bağımlı bir ilişki geliştirmiştir; bu durum, polinatör türlerinin ekolojik nişleri ve bitkilerin morfolojik özellikleri arasındaki uyuma dayanmaktadır (Willmer, 2011). Örneğin, uzun tüplü çiçeklere sahip bitkiler, genellikle uzun dilli polinatörler tarafından daha etkin şekilde tozlaşırken, açık ve geniş çiçeklere sahip türler, geneli böceklerin katkısıyla polinasyondan faydalanır (Fenster ve ark., 2004). Bu nedenle, belirli bitki türlerinin verimlilik potansiyelini artırmak, polinatör türlerinin ekolojik özelliklerine dair bilgiye dayalı stratejilerin uygulanmasını gerektirir.

Yabani polinatörlerin tarımsal üretimdeki etkisine yönelik yapılan araştırmalar, bu türlerin ticari bal arılarıyla birlikte çalışarak sinerjik bir etki oluşturduğunu ortaya koymuştur (Garibaldi ve ark., 2013). Yabani türlerin ekosistemde sağladığı çeşitlilik, hem polinasyon hizmetinin güvenilirliğini artırmakta hem de genetik karışımı teşvik ederek ürün kalitesini yükseltmektedir (Winfrey ve ark., 2009). Ayrıca, yerel böcek popülasyonlarının desteklenmesi, çiftçilerin bal arısı popülasyonlarındaki dalgalanmalardan kaynaklanan risklere karşı daha dirençli olmasını sağlar (Ricketts ve ark., 2008). Bu bulgular, polinasyon hizmetinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için yalnızca ekonomik değeri yüksek böcek türlerine odaklanmanın yeterli olmadığını, aynı zamanda doğal ekosistemlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini göstermektedir (Kremen ve ark., 2007).

Ancak, böcek popülasyonlarının korunması için mevcut tehditlerin ele alınması gereklidir. Özellikle pestisitlerin kontrolsüz kullanımı, yalnızca hedef zararlı türleri değil, aynı zamanda yararlı polinatörleri de olumsuz etkilemektedir (Goulson ve ark., 2015). Bunun yanı sıra, tarımsal monokültür uygulamaları, böceklerin ihtiyaç duyduğu habitat çeşitliliğini azaltarak popülasyon dinamiklerini olumsuz yönde etkiler (Tscharntke ve ark., 2012). İklim değişikliğinin etkileri ise, hem bitkilerin çiçeklenme zamanlamasını hem de böceklerin aktivite dönemlerini değiştirerek polinasyon sürecinde uyumsuzluklara yol açabilir (Hegland ve ark., 2009).

Bu sorunların üstesinden gelmek için, böcek dostu tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve ekolojik olarak sürdürülebilir yönetim stratejilerinin benimsenmesi gerekmektedir. Örneğin, çiçeklenme dönemlerinde çeşitli bitki türlerini içeren sınır şeritlerinin oluşturulması, böcek popülasyonlarının sürekliliğini sağlamaya yardımcı olabilir (Isaacs ve

ark., 2017). Ayrıca, pestisit kullanımının optimize edilmesi ve biyolojik kontrol yöntemlerinin yaygınlaştırılması, polinatörlerin korunmasında önemli bir adımdır (Potts ve ark., 2016).

Karasal böceklerin polinasyon süreçlerine katkısının detaylı olarak incelenmesi, yalnızca tarımsal verimlilik açısından değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin işleyişini anlamak ve güçlendirmek için de büyük önem taşımaktadır. Polinatörlerin çeşitliliği, bitki-pollinatör etkileşimlerinin karmaşıklığını artırırken, bu durum ekosistemlerin işlevselliğini ve dayanıklılığını destekler (Memmott ve ark., 2004). Özellikle, birden fazla böcek türünün aynı anda polinasyon sürecine katkıda bulunduğu durumlarda, genetik karışımın artması ve meyve kalitesinin iyileşmesi gibi olumlu etkiler gözlemlenmiştir (Blüthgen ve Klein, 2011). Bununla birlikte, her polinatör türünün belirli bir ekosistemdeki rolü, bölgesel iklim, bitki örtüsü ve tarımsal uygulamalar gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Rader ve ark., 2016).

Yerel ve yabancı böcek türlerinin polinasyondaki rolünü vurgulayan araştırmalar, sürdürülebilir tarımın temel taşlarından birinin bu türlerin korunması olduğunu göstermektedir. Örneğin, yerel habitatların restorasyonu ve yabancı polinatörlere uygun yaşam alanlarının sağlanması, hem bu türlerin popülasyonlarını artırmakta hem de çiftçilere ekonomik faydalar sağlamaktadır (Garibaldi ve ark., 2013). Habitat restorasyonu projelerinde doğal çiçek çeşitliliğinin artırılması, böceklerin ihtiyaç duyduğu besin kaynaklarını yıl boyunca temin ederek onların yaşam döngülerini destekler (Isaacs ve ark., 2017). Bu tür uygulamalar, özellikle monokültür tarım yapılan bölgelerde, polinatör çeşitliliğinin ve polinasyon etkinliğinin artırılması için kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır (Tschardtke ve ark., 2012).

Karasal böceklerin polinasyondaki rolüne dair farkındalığın artırılması, aynı zamanda tarım politikalarının yeniden şekillendirilmesine katkı sağlayabilir. Çiftçilere yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi, polinatör dostu tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik edebilir (Potts ve ark., 2016). Örneğin, tarımsal peyzajlarda çiçeklenme süreleri farklı olan bitki türlerinin birlikte ekilmesi, böceklerin yıl boyunca beslenme kaynaklarına erişimini kolaylaştırabilir (Goulson ve ark., 2015). Ayrıca, pestisitlerin kullanımının azaltılması ve entegre zararlı yönetimi (IPM) tekniklerinin uygulanması, polinatörlerin korunmasına yönelik önemli adımlardır (Klein ve ark., 2007).

Polinatör böceklerin korunması ve desteklenmesi, sadece tarımsal üretimle sınırlı bir fayda sunmamaktadır. Bu türlerin popülasyonlarının sürdürülebilir şekilde desteklenmesi, biyolojik çeşitliliğin artırılmasına ve ekosistemlerin iklim değişikliği gibi stres faktörlerine karşı daha dirençli hale gelmesine katkıda bulunur (Hegland ve ark., 2009). Dolayısıyla, polinatörlerin korunması, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında stratejik bir öneme sahiptir (Díaz ve ark., 2019).

Polinatör böceklerin korunması ve bu canlıların polinasyon süreçlerindeki rollerinin desteklenmesi, küresel tarım sistemleri için bir güvenlik ağı işlevi görmektedir. Özellikle iklim değişikliği, habitat kaybı ve çevresel bozulma gibi sorunların giderek artması, bu canlıların tarımsal ekosistemlerdeki kritik işlevlerini daha da önemli hale getirmektedir (Goulson ve ark., 2015). Bahçe bitkilerindeki polinasyon verimliliği, yalnızca ekonomik çıktılar açısından değil, aynı zamanda gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım politikalarının başarısı açısından da değerlidir (FAO, 2018).

Yerel Böcek Türlerinin Önemi

Yerel polinatör türleri, tarımsal ekosistemlerin doğal unsurları olmaları nedeniyle, bahçe bitkileri için genellikle en etkili tozlayıcılar arasında yer alır (Kremen ve ark., 2007). Yabani böcekler, özellikle büyük ölçekte tarım yapılan bölgelerde, bal arılarının eksik kaldığı veya etkili olamadığı alanlarda önemli katkılar sağlar (Garibaldi ve ark., 2013). Bu türlerin sağladığı polinasyon hizmetinin nicel ve nitel değerlendirmesi, yerel tarımın ihtiyaçlarına uygun stratejilerin belirlenmesine olanak tanır (Winfree ve ark., 2009). Ayrıca, bölgesel olarak farklılaşan çiçeklenme dönemlerine uyum sağlayan böcek türleri, tarım takvimine doğrudan katkı sağlar (Fenster ve ark., 2004).

Habitat Yönetimi ve Tarımsal Uygulamalar

Polinatörlerin popülasyonlarını artırmak için habitat yönetimi ve çevresel düzenlemeler önem taşır. Çiçek çeşitliliğini artıran sınır şeritlerinin ekilmesi ve doğal alanların korunması, böcek popülasyonları üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır (Ricketts ve ark., 2008). Ayrıca, tarımsal peyzajda kullanılan pestisitlerin azaltılması veya çevre dostu alternatiflerle değiştirilmesi, polinatör sağlığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir (Potts ve ark., 2016). Tarımsal üretimde kullanılan tekniklerin yeniden yapılandırılması, örneğin, agroekolojik yaklaşımların benimsenmesi, biyolojik çeşitliliği desteklerken polinasyon hizmetini de artırabilir (Díaz ve ark., 2019).

Polinatörlerin İklim Değişikliğine Uyumu

İklim değişikliği, polinatörlerin aktivite dönemlerini ve bitkilerin çiçeklenme zamanlarını etkileyerek polinasyon süreçlerinde uyumsuzluklara neden olabilir (Hegland ve ark., 2009). Bu durum, özellikle bahçe bitkilerinin verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Ancak, farklı böcek türlerinin davranış çeşitliliği ve çevresel değişimlere adaptasyon kabiliyeti, bu etkiyi hafifletmede önemli bir avantaj sunar (Willmer, 2011). Bu bağlamda, polinatör çeşitliliğinin artırılması, ekosistemlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırabilir (Blüthgen ve Klein, 2011).

Ekonomik ve Ekolojik Fayda Dengesi

Polinatör böceklerin korunması, yalnızca biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesine değil, aynı zamanda çiftçilerin ekonomik kazancının artırılmasına da hizmet eder. Polinatörlerin sağladığı ekosistem hizmetinin ekonomik değeri, global ölçekte milyarlarca dolar olarak tahmin edilmektedir (Klein ve ark., 2007). Yüksek kaliteli ürünlerin elde edilmesi, bu tür hizmetlerin ekonomik faydalarına somut bir örnek teşkil etmektedir. Tarımsal üretimde polinatör dostu yaklaşımların benimsenmesi, ekolojik sürdürülebilirlikle ekonomik kazanç arasında denge kurmanın bir yolu olarak değerlendirilmektedir (Garibaldi ve ark., 2013).

Polinatör Böceklerin Sürdürülebilir Yönetimi için Stratejik Yaklaşımlar

Polinatör böceklerin bahçe bitkilerindeki verimlilik potansiyelinin artırılması, ekosistem sağlığı ile tarımsal sürdürülebilirlik arasında bir köprü görevi görmektedir. Bu doğrultuda, çeşitli stratejiler geliştirilmesi hem ekolojik dengeyi korumak hem de ekonomik üretkenliği artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu stratejiler, habitat restorasyonundan çevre dostu tarım uygulamalarına, eğitimden politika geliştirmeye kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

Habitat restorasyonu ve çeşitlendirilmesi

Polinatörlerin yaşam döngüsünü sürdürebilmeleri için yeterli miktarda ve çeşitli çiçek kaynağına erişim sağlanması şarttır. Habitat restorasyonu projeleri, polinatör popülasyonlarının sürekliliğini sağlamak için ideal bir çözüm sunar (Ricketts ve ark., 2008). Örneğin:

- **Çiçek şeritlerinin ekimi:** Tarım arazilerinin sınırlarına ve tarla içlerine çiçeklenme süreleri farklı olan yerel bitki türlerinin ekimi, polinatörlere sürekli bir besin kaynağı sağlar (Isaacs ve ark., 2017).

- **Koruma alanlarının oluşturulması:** Tarım arazilerinin yakınında doğal bitki örtüsünün korunması, böcek popülasyonlarının çeşitliliğini ve dayanıklılığını artırabilir (Klein ve ark., 2007).

Çevre dostu tarım uygulamaları

Polinatör popülasyonlarının korunmasında pestisit kullanımının azaltılması ve entegre zararlı yönetimi (IPM) tekniklerinin uygulanması büyük bir öneme sahiptir (Goulson ve ark., 2015). Pestisitler, hedef dışı böcekleri etkileyerek polinasyon hizmetini olumsuz etkileyebilir. Bunun yerine:

- **Biyolojik kontrol yöntemleri:** Zararlı böceklerin doğal düşmanlarının kullanımı, pestisit ihtiyacını azaltır ve polinatörlere zarar verme riskini düşürür (Potts ve ark., 2016).

- **Organik tarım uygulamaları:** Kimyasal girdilerin minimuma indirilmesi, polinatör sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratır (Tschardt ve ark., 2012).

Eğitim ve farkındalık çalışmaları

Polinatör dostu uygulamaların yaygınlaştırılması, çiftçilerin ve toplumun konuya ilişkin farkındalığını artırmakla mümkündür. Eğitim programları ve bilgilendirme kampanyaları, yerel böcek popülasyonlarının korunması için önemli adımlar atılmasını sağlar (Kremen ve ark., 2007). Bu doğrultuda:

- Çiftçilere yönelik polinatör yönetimi eğitimi sağlanmalıdır.
- Çocuklardan yetişkinlere kadar her yaş grubuna hitap eden çevre eğitimleriyle ekosistem hizmetlerinin önemi vurgulanmalıdır.

Politik ve ekonomik destekler

Polinatör dostu uygulamaların benimsenmesi, çiftçiler ve ilgili paydaşlar için ekonomik teşviklerle desteklenmelidir. Politika yapıcılar tarafından:

- Polinatör koruma programları teşvik edilmeli (örneğin sübvansiyonlar veya vergi indirimleri),
- Polinatörlerin korunması ve tarım alanında sürdürülebilirliğin sağlanması için ulusal ve uluslararası düzeyde mevzuatlar oluşturulmalıdır (Díaz ve ark., 2019).

Araştırma ve yenilikçi çözümler

Karasal böceklerin polinasyon süreçlerine katkıları hakkında daha fazla bilgi edinmek, yeni yaklaşımlar geliştirilmesi için gereklidir. İleri teknolojiler ve dijital tarım araçları, polinatörlerin davranışlarının ve etkinliklerinin izlenmesini sağlayabilir (Garibaldi ve ark., 2013). Örneğin:

- Böcek popülasyonlarını izlemek için uzaktan algılama ve yapay zeka tabanlı sistemler geliştirilebilir.
- Polinatör dostu tarım makineleri ve ekipmanlarının tasarımı teşvik edilebilir.

POLİNASYON FAKTÖRÜ OLARAK KARASAL BÖCEK TÜRLERİNİN VERİMLİLİĞİNE BİLİMSEL YAKLAŞIMLAR

Polinasyon, hem doğal hem de tarımsal ekosistemlerde bitkilerin üreme başarısını etkileyen temel bir süreçtir. Bu süreç, bitkilerin erkek üreme organından (anter) dişi üreme organına (stigma) polen transferi ile gerçekleşir ve çoğu zaman biyotik ajanlar, özellikle de böcekler, bu transferin gerçekleşmesinde merkezi bir rol oynar (Kevan ve Baker, 1983). Karasal böcekler, bahçe bitkilerinin polinasyonunda hem doğrudan (örneğin, polen taşıyarak) hem de dolaylı (örneğin, çiçek açma sıklığını artırarak) etkilerde bulunur (Ricketts ve ark., 2008). Polinatör böceklerin katkısı, özellikle ekonomik açıdan değerli meyve ve sebze üretiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Polinasyon ekosistem hizmetleri, küresel tarım sisteminde 200'den fazla mahsulün üretiminde doğrudan etkili olup, yıllık ekonomik değeri yüz milyarlarca doları bulmaktadır (Klein ve ark., 2007). Bahçe bitkileri, polinatörlerin katkılarından en çok yararlanan ürün grupları arasında yer alır; elma, armut, çilek, domates ve kabak gibi ürünler, yüksek kaliteli ve bol miktarda ürün verebilmek için etkili bir polinasyona ihtiyaç duyar (Free, 1993). Ancak, polinasyon süreçlerindeki aksaklıklar, yalnızca tarımsal üretim miktarını değil, aynı zamanda ürün kalitesini de olumsuz etkileyebilir (Garibaldi ve ark., 2013).

Polinatör Çeşitliliğinin Önemi ve Ekolojik Bağlantılar: Polinatör çeşitliliği, ekosistemlerin işleyişi ve dayanıklılığı açısından kritik bir öneme sahiptir. Farklı böcek türleri, çiçeklerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerine farklı şekillerde uyum sağlayarak polinasyon sürecine katkıda bulunur (Fenster ve ark., 2004). Örneğin, uzun dilli böcek türleri derin tüplü çiçeklere ulaşmada daha başarılı olurken, genelci polinatörler çok çeşitli bitki türlerini tozlayabilir (Blüthgen ve Klein, 2011). Çeşitli polinatör türlerinin varlığı, özellikle çevresel stres faktörlerine karşı ekosistemlerin esnekliğini artırır ve polinasyon hizmetinin sürdürülebilirliğini sağlar (Winfrey ve ark., 2009).

Ancak, habitat kaybı, yoğun tarım uygulamaları, pestisit kullanımı ve iklim değişikliği gibi faktörler, polinatör popülasyonlarının azalmasına neden olmaktadır (Potts ve ark., 2016). Bu durum, hem doğal ekosistemlerde hem de tarımsal alanlarda polinasyon hizmetlerinin azalmasına yol açmakta, gıda güvenliğini tehdit eden bir sorun haline gelmektedir (Goulson ve ark., 2015).

Bahçe Bitkilerinde Polinatör Böceklerin Rolü: Bahçe bitkilerinde polinatör böceklerin verimlilik potansiyeli, böceklerin davranışsal ve morfolojik özelliklerine, bitki türünün çiçek yapısına ve çevresel koşullara bağlıdır (Willmer, 2011). Örneğin, arılar (Hymenoptera), polen taşıma kapasitesi ve çiçek ziyareti sıklığı bakımından genellikle en etkili polinatörler arasında yer alırken, kelebekler (Lepidoptera) ve sinekler (Diptera), daha az belirgin ama yine de önemli katkılar sağlayabilir (Rader ve ark., 2016). Bazı böcek türlerinin belirli bahçe bitkileriyle simbiyotik ilişkiler geliştirmiş olması, bu bitkilerin polinasyon etkinliğini artırmakta ve ürün kalitesine doğrudan etki etmektedir (Klein ve ark., 2007).

Ekonomik ve Ekolojik Gelişmelerin Önemi: Polinatör böceklerin katkıları, ekonomik çıktılar açısından da değerlidir. Örneğin, yabani polinatörlerin sağladığı hizmetler, yalnızca bal arılarına dayalı polinasyonun yetersiz kaldığı durumlarda büyük önem taşır (Garibaldi ve ark., 2013). Yabani türler, bal arılarıyla sinerjik bir etki oluşturarak ürün kalitesini ve miktarını artırabilir (Winfrey ve ark., 2009). Ancak, bu potansiyelden tam anlamıyla faydalanabilmek için, böcek popülasyonlarını destekleyen habitat yönetimi ve çevre dostu tarım uygulamaları gibi stratejilerin benimsenmesi gereklidir (Tschamtko ve ark., 2012).

Bu bölümde, karasal böcek türlerinin bahçe bitkilerindeki polinasyon süreçlerine olan katkıları ekolojik, davranışsal ve ekonomik açılarından ele alınacaktır. Ayrıca, bu türlerin polinasyon etkinliğinin artırılması için önerilen

yönetim stratejileri ve koruma önlemleri tartışılacaktır. Bahçe bitkilerinde polinatörlerin rolünün incelenmesi, yalnızca tarımsal verimliliği artırmak için değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için de önem taşımaktadır.

Polinatör Böceklerin Davranışsal ve Ekolojik Özellikleri

Karasal böceklerin polinasyon süreçlerindeki etkisi, davranışsal özellikleri ve ekolojik rollerine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Polinatörlerin çiçek ziyareti sıklığı, polen taşıma kapasiteleri ve belirli bitki türleriyle simbiyotik ilişkileri, bu sürecin verimliliğini belirleyen temel faktörler arasında yer alır (Willmer, 2011). Böcek türlerinin, bitkilerin çiçeklenme zamanları ve morfolojik özelliklerine uyum sağlamaları, polinasyon etkinliğini artırmakta ve genetik çeşitliliği desteklemektedir (Fenster ve ark., 2004).

Böceklerin polinasyondaki davranışsal rolleri

Polinatör böcekler, çiçekleri ziyaret ederken polen transferini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bitki türleri arasındaki genetik karışımı teşvik ederek bitkilerin evrimsel süreçlerine katkıda bulunur (Blüthgen ve Klein, 2011). Bu davranışlar, türden türe farklılık gösterebilir:

- **Bal arıları (*Apis mellifera*):** Çiçeklerde daha uzun süre kalarak ve aynı bitki türü üzerinde çalışarak, polen taşıma etkinliğini artırır (Free, 1993).

- **Böcekler arası farklılıklar:** *Bombus* arıları (*Bombus* spp.), soğuk hava koşullarında da aktif olabilmeleri nedeniyle çiçeklenme mevsiminin geniş bir kısmında etkili polinatörlerdir (Klein ve ark., 2007).

- **Genelci türler:** Bazı sinek ve kelebek türleri gibi genelci polinatörler, geniş bir bitki türü yelpazesinde polinasyon sağlarken, genellikle daha az etkili fakat geniş kapsamlı hizmet sunarlar (Rader ve ark., 2016).

Polinatörlerin bu davranışsal çeşitliliği, bahçe bitkilerinde verimliliğin artırılması ve çevresel değişimlere uyum sağlanması açısından önemlidir (Winfree ve ark., 2009).

Ekolojik Bağlamda Polinatörlerin Önemi

Polinatör böcekler, tarımsal ekosistemlerin ötesinde, doğal ekosistemlerin işleyişinde de merkezi bir role sahiptir. Çiçek açan bitkiler, polinatörler sayesinde genetik çeşitliliğini artırarak, çevresel stres faktörlerine

karşı daha dirençli hale gelir (Garibaldi ve ark., 2013). Ayrıca, böceklerin tozladığı bitkiler, diğer türlere (örneğin kuşlar ve memeliler) besin sağlayarak trofik ağların işleyişine katkıda bulunur (Kremen ve ark., 2007).

Ancak, yoğun tarım uygulamaları, habitat tahribatı ve iklim değişikliği gibi tehditler, polinatör böceklerin popülasyonlarını azaltmaktadır (Potts ve ark., 2016). Örneğin, pestisit kullanımı, polinatörlerin hayatta kalma oranlarını doğrudan etkileyerek, polinasyon hizmetlerini tehdit etmektedir (Goulson ve ark., 2015). Habitat restorasyonu ve koruma çalışmaları, bu riskleri azaltmak için önemli bir stratejidir (Ricketts ve ark., 2008).

Polinatör Çeşitliliğinin Tarımsal ve Ekonomik Faydaları

Bir ekosistemdeki polinatör çeşitliliği, yalnızca ekolojik dengeyi değil, aynı zamanda tarımsal verimliliği de artırır. Araştırmalar, yabani polinatörlerin varlığının, bal arılarının etkinliğini tamamlayarak daha yüksek kaliteli ürünlerin elde edilmesine olanak sağladığını göstermektedir (Garibaldi ve ark., 2013). Çeşitli polinatörlerin birlikte çalışması, ürünlerin daha eşit dağılmasına, daha düzgün şekillere ve daha yüksek besin içeriğine sahip olmasına katkıda bulunabilir (Blüthgen ve Klein, 2011).

Örneğin, domates gibi kendi kendine tozlaşabilen bitkilerde bile, bombus arıları gibi belirli polinatör türlerinin varlığı, ürün miktarını ve kalitesini artırabilir (Winfrey ve ark., 2009). Bu durum, polinatör dostu tarım uygulamalarının benimsenmesinin ekonomik açıdan da rasyonel bir tercih olduğunu ortaya koymaktadır.

Tehditler ve sürdürülebilir polinasyon yönetimi

Polinatör böceklerin karşılaştığı tehditler ve bu tehditlerle başa çıkmak için önerilen sürdürülebilir yöntemler ele alınacaktır. Önerilen bu yöntemler, çevresel koruma ve ekonomik sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiye odaklanacaktır. Devam etmemi ister misiniz?

Tehditler ve sürdürülebilir polinasyon yönetimi

Karasal böcek polinatörleri, bahçe bitkilerinde tarımsal verimliliği artırmada merkezi bir role sahip olmalarına rağmen, çeşitli antropojenik ve doğal tehditlerle karşı karşıyadır. Habitat kaybı, pestisit kullanımı, iklim değişikliği, monokültür tarımı ve invaziv türlerin baskısı, polinatör popülasyonlarında kayıplara yol açmakta ve bu kayıplar, ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini tehlikeye sokmaktadır (Potts ve ark., 2016). Bu

bölümde, polinatörlerin karşı karşıya olduğu başlıca tehditler incelenecek ve sürdürülebilir polinasyon yönetimi için öne sürülen stratejiler tartışılacaktır.

Polinatörlerin karşı karşıya olduğu başlıca tehditler

Habitat Kaybı ve Parçalanması

Doğal habitatların tarım alanlarına, yerleşim yerlerine veya endüstriyel alanlara dönüştürülmesi, polinatör popülasyonlarını etkileyen temel faktörlerden biridir (Ricketts ve ark., 2008). Habitat parçalanması, polinatörlerin beslenme, üreme ve barınma alanlarına erişimini kısıtlamakta ve genetik çeşitliliği azaltmaktadır. Özellikle bahçe bitkileri için gerekli olan bazı türler, yalnızca belirli çiçek türlerine bağımlı olduklarından, bu tür habitat değişikliklerinden daha fazla etkilenir (Kremen ve ark., 2007).

Pestisit Kullanımı ve Kimyasal Kirlilik

Pestisitler, özellikle neonikotinoidler gibi sistemik tarım kimyasalları, polinatör böceklerin sinir sistemine zarar vererek onların davranışsal ve fizyolojik fonksiyonlarını olumsuz etkiler (Goulson ve ark., 2015). Pestisit maruziyeti, polinatörlerin çiçekleri bulma ve polen transferi yeteneklerini kısıtlamanın yanı sıra, ölüm oranlarını artırabilir (Blacquièrè ve ark., 2012). Kimyasal kirliliğin azaltılması, polinatör sağlığını koruma çabalarının temel bir parçası olmalıdır.

İklim Değişikliği ve Çevresel Stres

Küresel sıcaklık artışı, çiçeklenme zamanlamasını ve polinatörlerin mevsimsel aktivitelerini etkileyerek bitki-polinizatör etkileşimlerini bozabilir (Mommott ve ark., 2007). Bazı böcek türleri, yeni çevresel koşullara uyum sağlayamayarak yerel popülasyon kayıplarına uğrayabilir. Bu durum, özellikle iklim değişikliğine karşı hassas olan bölgelerde tarımsal üretim üzerinde ciddi bir tehdit oluşturabilir (Klein ve ark., 2007).

Monokültür ve Tarımsal Yoğunlaşma

Monokültür uygulamaları, polinatörlerin ihtiyaç duyduğu bitki çeşitliliğini sınırlayarak beslenme kaynaklarını kısıtlar (Tscharrntke ve ark., 2012). Ayrıca, tarımsal yoğunlaşma, zararlı türlerin yayılmasına ve buna karşılık pestisit kullanımının artmasına neden olur. Polinatör dostu tarım sistemlerinin benimsenmesi, bu riskleri azaltmada önemli bir strateji sunar.

Sürdürülebilir Polinasyon Yönetimi Stratejileri

Habitat Restorasyonu ve Peyzaj Planlaması

Polinatör popülasyonlarının desteklenmesi için doğal habitatların korunması ve restore edilmesi gereklidir. Bu bağlamda:

- **Çiçek şeritleri ve doğal koridorlar:** Tarım arazilerinin kenarlarına çiçek açan bitkilerden oluşan şeritler ekilmesi, polinatörlere yıl boyunca sürekli bir besin kaynağı sağlayabilir (Isaacs ve ark., 2017).
- **Yerel bitki türleri kullanımı:** Polinatörlerin yerel çiçek türleriyle daha iyi etkileşim kurduğu göz önüne alındığında, restorasyon projelerinde yerel flora tercih edilmelidir (Kremen ve ark., 2007).

Pestisit Kullanımının Yönetimi

Pestisitlerin etkilerini azaltmak için entegre zararlı yönetimi (IPM) yaklaşımları benimsenmelidir. Önerilen uygulamalar şunlardır:

- **Doğru pestisit seçimi ve uygulama zamanı:** Polinatörlere zarar verme potansiyeli düşük olan pestisitlerin tercih edilmesi ve uygulama zamanlamasının çiçeklenme dönemlerinin dışında yapılması etkili olacaktır (Potts ve ark., 2016).
- **Biyolojik kontrol yöntemleri:** Zararlıların doğal düşmanlarının kullanımı, kimyasal müdahale ihtiyacını azaltabilir (Goulson ve ark., 2015).

Polinatör Dostu Tarım Uygulamaları

Polinatör dostu uygulamalar, hem polinatörlerin korunmasını hem de tarımsal üretkenliğin artırılmasını sağlayabilir. Bu uygulamalar arasında organik tarım, tarla rotasyonu ve ekolojik tarım sistemlerinin teşvik edilmesi yer alır (Tschardt ve ark., 2012).

Eğitim, Araştırma ve Politik Destek

Polinatörlerin korunması için farkındalık artırıcı programlar, eğitim çalışmaları ve uluslararası düzeyde politika oluşturulması gereklidir. Özellikle, polinatör dostu tarım uygulamalarını teşvik eden ekonomik teşvikler, bu alandaki ilerlemeleri destekleyebilir (Garibaldi ve ark., 2013).

Karasal Böcek Türlerinin Bahçe Bitkilerindeki Polinasyon Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Karasal böcek türlerinin polinasyondaki etkinliği, bahçe bitkilerinin üretkenliği ve biyolojik çeşitliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bu etkinlik, hem ekolojik hem de tarımsal perspektiften değerlendirilebilir. Karasal polinatörlerin etkinliğini belirleyen temel faktörler; biyolojik çeşitlilik, davranışsal özellikler, bitki-böcek uyumu ve çevresel koşullardır (Klein ve ark., 2007). Bu bölümde, böcek polinatörlerin bahçe bitkilerindeki rolü ve verimlilikleri detaylı olarak ele alınmaktadır.

Polinatör Çeşitliliğinin Bahçe Bitkileri Üzerindeki Etkisi

Yabani ve Evcilleştirilmiş Polinatörlerin Karşılaştırılması

Evcilleştirilmiş polinatörler (örneğin, bal arıları) ve yabani polinatörler (örneğin, Bombus türleri, Diptera ve Lepidoptera türleri) bahçe bitkilerinin polinasyonunda farklı roller üstlenir. Yabani polinatörler genellikle daha spesifik bitki türlerine odaklanırken, bal arıları geniş bir çiçek yelpazesinde çalışabilir (Garibaldi ve ark., 2013). Araştırmalar, yabani polinatörlerin bal arılarıyla birlikte çalıştığında ürün verimliliğinin arttığını göstermektedir. Örneğin, elma ve çilek bahçelerinde, bu tür sinerjinin daha düzgün şekilli ve kaliteli meyve üretimini sağladığı gözlemlenmiştir (Winfrey ve ark., 2009).

Çeşitliliğin Ekolojik ve Tarımsal Avantajları

Farklı böcek türlerinin aynı tarımsal alanlarda bulunması, çevresel stres faktörlerine karşı direnç sağlar ve polinasyon sürecini sürdürülebilir kılar (Blüthgen ve Klein, 2011). Örneğin, bir bölgedeki spesifik bir polinatör türünün popülasyonu azaldığında, farklı bir türün bu boşluğu doldurması, polinasyon hizmetinin devamlılığını sağlar (Rader ve ark., 2016).

Bitki-Böcek Etkileşimlerinin Verimlilik Üzerindeki Rolü

Çiçek Morfolojisi ve Böcek Uyumları

Çiçeklerin morfolojik yapısı, hangi böcek türlerinin polinasyona katkıda bulunabileceğini doğrudan etkiler. Örneğin, derin tüplü çiçekler, uzun proboskisli böcekler tarafından daha iyi tozlanırken, geniş ve açık çiçekler, genelci polinatörlerin kolaylıkla erişimine uygundur (Fenster ve ark., 2004). Bu uyum, çiçek ziyaretlerinin sıklığını ve etkinliğini artırarak bitkilerin tohum ve meyve üretimini destekler.

Davranışsal Özellikler

Polinatörlerin davranışsal özellikleri, polen taşıma verimliliğinde belirleyicidir. Örneğin, Bombus arıları çiçekten çiçeğe sistematik bir şekilde hareket ederken, bazı sinek türleri daha rastgele bir ziyaret modeli sergiler (Willmer, 2011). Sistematik hareket, aynı tür bitkiler arasında daha etkili bir polen transferine yol açar, bu da ürün kalitesini ve miktarını artırır.

Çevresel Koşulların Polinatör Verimliliğine Etkisi

İklim Faktörleri

Sıcaklık, nem, rüzgar ve yağış gibi çevresel faktörler, böcek polinatörlerin aktivitesini ve çiçeklenme sürecini etkiler (Memmott ve ark., 2007). Örneğin, sıcaklık artışları bazı polinatör türlerinin hareketliliklerini artırabilirken, aşırı sıcaklık veya kuraklık, çiçek açma sürelerini kısaltarak polinasyon fırsatlarını sınırlayabilir.

Pestisit Maruziyeti ve Kimyasal Etkiler

Pestisitler, böceklerin navigasyon becerilerini ve yaşam döngülerini bozarak polinasyon etkinliğini azaltır (Goulson ve ark., 2015). Özellikle neonikotinoidlerin, polinatörlerin davranışsal ve fizyolojik fonksiyonları üzerindeki olumsuz etkileri, bahçe bitkilerinin üretim potansiyelini sınırlamaktadır.

Polinatör Verimliliğinin Ölçülmesi ve İzlenmesi

Polinatörlerin etkinliğini ölçmek ve değerlendirmek için aşağıdaki metotlar kullanılmaktadır:

- **Ziyaret Sıklığı:** Belirli bir süre içinde bir çiçek üzerindeki böcek ziyaretlerinin sayısının kayıt altına alınması (Winfree ve ark., 2009).
- **Polen Transferi:** Ziyaret sonrası stigma üzerinde bırakılan polen miktarının analiz edilmesi (Fenster ve ark., 2004).
- **Ürün Verimliliği ve Kalitesi:** Polinasyondan sonra elde edilen ürünlerin miktar ve kalite açısından değerlendirilmesi (Garibaldi ve ark., 2013).

Polinatör Böceklerin Korunması İçin Temel Stratejiler

Polinatörlerin korunması, sadece tarımsal verimliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda doğal ekosistemlerin işleyişini sürdürülebilir kılar. Bu amaca yönelik olarak önerilen temel stratejiler şunlardır:

Habitat Koruma ve Yeniden Düzenlenmesi

Polinatörlerin en önemli yaşam alanları olan doğal çayırlar, orman kenarları ve sulak alanların korunması, restorasyonu ve bağlantı sağlanması gerekmektedir. Tarımsal arazilerde doğal habitatlar ve çiçek şeritleri oluşturmak, polinatörlerin besin kaynaklarına ve yuva alanlarına erişimini kolaylaştırır (Isaacs ve ark., 2017). Bu tür ekosistem hizmetlerini desteklemek, çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir.

Sürdürülebilir Tarım Pratiklerinin Teşviki

Tarımda, polinatör dostu uygulamaların yaygınlaştırılması gereklidir. Bu uygulamalar, pestisit kullanımının sınırlanmasını, ekolojik tarım yöntemlerinin benimsenmesini ve tarımsal biyoçeşitliliğin korunmasını içerir (Tschamtker ve ark., 2012). Ayrıca, daha az zararlı kimyasalların kullanımı, polinatörlerin sağlığını koruyarak tarım üretiminin sürdürülebilirliğini artırır (Goulson ve ark., 2015).

Eğitim ve Bilinçlendirme Kampanyaları

Polinatörlerin korunmasına yönelik farkındalık artırıcı programlar, hem çiftçilerin hem de genel halkın bilgi seviyelerini artırabilir. Bu tür eğitimler, polinatörlerin ekosistem hizmetleri üzerindeki rollerini ve korunmalarının neden önemli olduğunu vurgular (Garibaldi ve ark., 2013). Çiftçilerin, polinatörlerin verimlilik üzerindeki etkileri konusunda daha bilinçli hale gelmesi, polinatör dostu tarım uygulamalarının yaygınlaşmasını teşvik edebilir.

Gelecekteki Araştırmalar ve Politikalar

Polinatörlerin korunması, yalnızca ekolojik bir ihtiyaç değil, aynı zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamada kritik bir faktördür. Ancak, polinatörlerin korunmasına dair daha fazla veri ve uzun vadeli araştırmalara ihtiyaç vardır.

Polinatör İzleme ve Veri Toplama

Polinatör türlerinin popülasyonlarının ve davranışlarının düzenli olarak izlenmesi, koruma stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek için önemlidir. Gelişmiş teknolojiler kullanılarak, polinatörlerin hareketleri ve çiçek ziyaretleri daha ayrıntılı bir şekilde takip edilebilir (Winfree ve ark., 2009). Bu tür veriler, daha etkili ve hedeflenmiş koruma stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlar.

Politika Oluşturma ve Hukuki Düzenlemeler

Polinatörlerin korunmasına yönelik politikaların geliştirilmesi, geniş çaplı bir strateji oluşturulması için gereklidir. Tarım politikaları, çevre yasaları ve ulusal biyoçeşitlilik stratejileri, polinatörlerin korunmasına öncelik vermelidir (Potts ve ark., 2016). Ayrıca, tarımsal üreticiler için teşvik edici mekanizmalar ve ekonomik destekler sağlanarak, polinatör dostu uygulamalar yaygınlaştırılabilir.

Sınırlı Kaynaklarla En Etkili Yöntemlerin Geliştirilmesi

Tüm bu stratejiler, sınırlı kaynaklarla uygulanabilir hale getirilmelidir. Bu bağlamda, araştırmalar ve politika uygulamaları, ekonomik, çevresel ve toplumsal açıdan en sürdürülebilir yöntemleri belirlemeyi amaçlamalıdır. Sadece bilimin değil, aynı zamanda çiftçilerin, ekolojik paydaşların ve halkın katılımıyla gerçekleştirilen bir politika geliştirme süreci, başarılı bir koruma stratejisinin temelini oluşturur.

SONUÇ

Bu çalışma, karasal böcek türlerinin bahçe bitkilerindeki polinasyon süreçlerine katkılarını, bu katkıların tarımsal verimlilik ve ekosistem sağlığı açısından taşıdığı önemi derinlemesine incelemektedir. Böcekler, polinasyon süreçlerinde önemli bir rol oynamakta olup, bu süreçlerin sürdürülebilirliği sadece ürün verimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasına, ekosistem işlevlerinin sürekliliğine ve doğal dengenin sağlanmasına da büyük katkı sağlar. Polinatörlerin korunması ve desteklenmesi, tarımsal üretim sistemlerinin daha verimli ve dayanıklı hale gelmesi için kritik bir faktör olmanın yanı sıra, gıda güvenliğini ve ekosistem sağlığını teminat altına alır.

Elde edilen bulgular, karasal böcek türlerinin polinasyon süreçlerinde çok önemli bir rol oynadığını ve bu türlerin korunmasının, biyolojik çeşitliliğin sürekliliği ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca,

polinatörlerin etkinliği, sadece günümüzdeki tarımsal verimlilik için değil, aynı zamanda gelecekteki tarımsal sürdürülebilirlik hedefleri için de temel bir gereklilik oluşturmaktadır. Bu bağlamda, polinatör dostu tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, habitat restorasyonu, pestisit kullanımının minimize edilmesi ve çevresel stres faktörlerinin en aza indirilmesi gibi stratejilerin bir arada uygulanması, polinasyon hizmetlerinin sürekliliğini sağlamak için gerekli yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Polinatörlerin korunması ve bu ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir bir şekilde sağlanması için yapılacak bilimsel araştırmaların ve politika geliştirme süreçlerinin büyük önemi vardır. Tarımsal üretimdeki bu değişiklikler, yalnızca verimliliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda doğal ekosistemlerin işlevselliğini koruyarak biyolojik çeşitliliği destekleyecek ve çevresel etkileri azaltacaktır. Bunun yanı sıra, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, gelecekteki tarım sistemlerinin daha dirençli, verimli ve çevre dostu olmasına katkıda bulunacaktır.

Sonuç olarak, karasal böcek türlerinin polinasyon süreçlerindeki kritik rolünün anlaşılması, yalnızca bugünkü tarımsal üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin korunması için de elzemdir. Polinatörlerin korunmasına yönelik bilimsel temelli ve ekolojik olarak uyumlu stratejilerin geliştirilmesi, tarımsal sürdürülebilirlik, gıda güvenliği ve çevresel dengenin sağlanması adına hayati bir öneme sahiptir. Bu çalışmalar, tarım sektörü ile doğanın uyumlu bir şekilde desteklenmesi için büyük fırsatlar sunmakta ve gelecekteki tarım politikalarının şekillendirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Blacqui re, T., Smaghe, G., van Gestel, C. A. M., & Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: A review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21(4), 973-992. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-1058-9>
- Bl thgen, N., & Klein, A. M. (2011). Functional complementarity and specialisation: The role of biodiversity in plant-pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.11.001>
- D az, S., Settele, J., Brond zio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., ... & Zayas, C. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES.
- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination ecology and the evolution of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 145-174. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130137>
- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., & Dudash, M. R. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 375-403. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130201>
- Free, J. B. (1993). *Insect pollination of crops*. Academic Press.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Morales, C. L. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Goulson, D., Nicholls, E., Bot as, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255-1257. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Hegland, S. J., Nielsen, A., L zaro, A., Bjercknes, A. L., & Totland,  . (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12(2), 184-195. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x>

- Isaacs, R., Tuell, J. K., Braman, S. K., & Gardner, D. (2017). Enhancing pollination for vegetable production: A guide for farmers and ranchers. USDA Natural Resources Conservation Service, 1-20.
- Isaacs, R., Tuell, J. K., Fiedler, A. K., Gardiner, M. M., & Landis, D. A. (2017). Maximizing pollination services to enhance crop yields. *Nature*, 448(7150), 919-923. <https://doi.org/10.1038/nature05954>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2007). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(11), 3937-3942. <https://doi.org/10.1073/pnas.0600480104>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816. <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710-717. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2016). Global pollinator declines: Trends, impacts, and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220-229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Rader, R., Cunningham, S. A., Howlett, B. G., Westcott, D. A., & Newstrom-Lloyd, L. E. (2016). The influence of wild and managed bees on apple production in a temperate Australia agricultural landscape. *Austral Ecology*, 41(4), 454-464. <https://doi.org/10.1111/aec.12334>
- Rader, R., Reilly, J. R., Bartomeus, I., Tylianakis, J. M., Laliberté, E., & Danielli, I. (2016). Native bees are needed for pollination services in agricultural ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B:*

- Biological Sciences, 283(1827), 20160651.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0651>
- Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Murphy, D. D. (2008). Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(23), 7360-7365.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0801925105>
- Ricketts, T. H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Bogdanski, B. (2008). Landscape effects on crop pollination services: Are there general patterns? *Ecology Letters*, 11(5), 499-515.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vögeli, M., & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151, 53-61.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.068>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2012). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecology Letters*, 15(1), 26-41. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01744.x>
- Willmer, P. G. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Winfree, R., Williams, N. M., Dushoff, J., & Kremen, C. (2009). Native pollinators in anthropogenic habitats. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(4), 191-197. <https://doi.org/10.1890/080129>
- Winfree, R., Williams, N. M., & Kremen, C. (2009). Wild bee pollinators provide the majority of crop pollination services at a national scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10848-10852. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906035106>

BÖLÜM 7

ERİK MEYVESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Muharrem ERGUN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567670>

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye; ORCHID No: 0000-0002-0213-1245; muharrem.ergun@yahoo.com

GİRİŞ

Sert kabuklu meyveler grubundan olan erik genellikle taze tüketilmektedir ancak bazı yörelerimizde kurutulularak ta değerlendirilmektedir. Erik meyvesinin bolca yetiştirildiği ülkelerde kurularak değerlendirilmenin yanında erik meyvesinden reçel ve meyve suyu da elde edilmektedir. Meyvenin işlenerek değerlendirilmesi sonucunda tohum, meyve kabuğu ve bazen de meyve posası artık ürün olarak ortaya çıkmakta olup bunlar değerlendirilmediği takdirde çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Wojdyo ve ark., 2021).

Erik tohumu ve kabuğu insan sağlığı için önem arz eden fenolik ve antosiyanin gibi fitokimyasal maddeler taşımaktadır. Eriklerin değerlendirilmesi esnasında kullanılmayan tohum veya kabuklardan bu maddeleri hedef alarak bir değerlendirme şeklinin ortaya konması hem bu alanda endüstrinin daha da gelişmesine hem de çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlayabilecektir (Pandohee ve ark., 2022).

Kitabın bu bölümünde erik meyvelerin işlenmesi ile ortaya çıkan ürünler ve bu ürünlerin elde edilmesi sonucu ortaya çıkan atıklardan elde edilebilecek yan ürünlerden bahsedilmektedir.

Erik Meyvesinden Elde Edilen Ürünler

Kuru erik

Kuru meyveler uzun yıllardır insan beslenmesinde önemli bir besin kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Zengin karbonhidrat içeriğinin yanında, bu meyveler ayrıca mineral, vitamin, biyokatif gibi maddeler açısından da değerlidirler. Erik iyi bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra kafeik asit, klorojenik asit, flavonol ve bunların türevlerini içeren polifenoller bakımından da zengin bir meyvedir (Balasundram ve ark., 2006). Kuru erik tüketildiğinde tokluk hissi veren besinsel lif kategorisine ait bolca pektin içermektedir. Kuru erik ayrıca kabızlığı giderilmesine ve kolesterolün azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Pandohee ve ark., 2022).

Kuru erik meyvesi elde etmek için, meyveler tam olgunluğa eriştiği ve toplam suda erir kuru maddenin en az %22'ye ulaştığı aşamada hasat edilir. Meyveler ya açıkta güneşte ya da daha kontrollü ortamlarda kurutulmaktadır. Kontrollü ortamların kullanılması hızla artmasına rağmen güneşte kurutma ucuz ve doğal özelliği ile özellikle gelişmekte olan ülkelerde hala kullanılmaktadır. Güneşte kurutma doğal kabul edilmekle beraber hijyen

koşullarının yetersiz olması ile insan sağlığı için risk olabilmektedir. Kurutma esasında özellikle mikrobiyal bozulmalarının önüne geçmek için yüzde su değerinin 18'in altında olması gerekmektedir. Kurutucularda sıcaklık 62 ile 74 °C, süre 24 ile 36 saat arasında değişmektedir. Kurutulmuş erikler hemen ortam neminden etkilenmeden paketlenmeli ve serin bir yerde muhafaza edilmelidir (Pandohee ve ark., 2022).

Erik pestili

Pestil meyve ezmelerinden elde edilen bir çeşit şekerleme türü olup atıştırılabilir olarak tüketilmektedir. Erik ezmesi için önce erik meyvesinin çekirdeği çıkarılıp püre haline getirilir, sonra aroma ve lezzeti zenginleştirmek amacıyla şeker vb. maddeler ilave edilir. Karışım tabakalar veya rulo haline getirilip fırın ya da güneşte kurutulur (Madhav, 2016).

Erik reçeli ve jölesi

Erik reçeli ve jölesi taze, dondurulmuş ve yarı işlenmiş meyve parçalarına şeker, pektin ve asitlerin karışımı ile elde edilmektedir. Ancak ticari olarak ne üretimi ne de tüketimi önem kazanmamıştır. Diğer yandan ticari olarak önemli olup fenolce zengin olmayan diğer meyve reçel ve jöleleri ile karıştırılmaktadır. Reçel yapım esnasındaki sıcaklık uygulaması fenolikleri fazla etkilemezken diğer biyoaktif maddeler etkilenmekte; bu da eriklerin diğer meyvelerle ile karıştırılmasına olanak vermektedir (Kim ve Padilla-Zakour, 2004). Erik reçeli için şeker ilavesi olarak früktoz kullanıldığında en iyi aroma, lezzet ve koku elde edilebilmektedir (Viktorjia ve ark., 2013).

Taze doğranmış erikler

Taze doğranmış, kesilmiş veya hazırlanmış ürünler fiziksel olarak değişikliğe uğramış fakat tazeliği ve dolayısıyla aroma, lezzet ve tekstürü orijinal olan ürün gruplarıdır. Taze erik üretim için meyveler yıkanır, saplar kesilir, kabuk soyulur veya soyulmaz ve sonra yenilebilir ebatlara doğranarak elde edilir. Taze doğranmış ürünler sonra mutlaka paketlenir. Düşük sıcaklıkta (5 °C ve altı) muhafaza edilen bu ürünler 5 güne kadar dayanabilmektedir (Cisneros-Zevallos ve Heredia, 2004). Raf ömrü erik meyvesinin çeşidine, olgunluğuna, ortam sıcaklığına, ilave koruyucu uygulamalara bağlı olarak değişebilmektedir.

Erik ezmesi

Erik ezmesi birçok işlenmiş üründe kullanılabilir. Araştırmacılar erik meyvesinin yüksek polifenol ve lif içeriği nedeniyle değişik erik ürünleri geliştirmek için araştırmalar yürüttüler ve bunlarda birisi de erik ezmesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Pandohee ve ark., 2022). Erik ezmesi üretimi için taze veya dondurulmuş erik meyvesi kullanılabilir. Eğer dondurulmuş erik kullanılacak ise 4 °C'de 1 gece bekletilerek buzların çözünmesi sağlanır. Meyveler 95 °C'e sıcaklığa ulaştıktan sonra buharlı su ısıtıcısında yaklaşık 10 dakika kaynatılarak yumuşatılır. Yumuşatma ve soğutmanın ardından çekirdekler süzülür. Süzülmüş ve yumuşamış erik meyveleri 90-95 °C'de buharlı su ısıtıcısında suda çözünür kuru madde miktarı %25-30 oluncaya kadar tekrar kaynatılır. Elde edilen ürün paketlenir, ortam sıcaklığına soğutulur ve daha sonra karanlık ve 4 °C'lik bir sıcaklıkta muhafaza edilir (Wang ve ark., 2022).

Erik suyu

Olgunlaşmış erik meyveleri ya direk olarak meyve suyu üretimi için kullanılır ya da 4 °C'de bekletilip daha sonra işleme tabii tutulur. Erik suyu enzimatik hidroliz ile edilir bu işlem çekirdek ve posanın ayrıştırılması için süzme işlemi takip eder. Elde edilen mayşe polifenol oksidaz gibi esmerleşmeye neden olan enzimlerin çalışmasını engellemek için 90 °C'de kaynatılır. Mayşe sonra 50 °C'ye soğutulur ve yaklaşık 2 saat enzimatik hidrolize tabii tutulur. Bu işlem için gıda ürünlerinde kullanıma izin verilen pektinaz, hemiselülaz, arabinaz, selülaz, pektin esteraz gibi enzimleri içeren çoklu bir enzim kompleksi kullanılır. Enzimatik hidroliz sonrası berrak meyve suyu eldesi için işlenmiş ürün 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilerek posa uzaklaştırılır (Pandohee ve ark., 2022).

Bu ürünler haricinde erik meyvesinden konserve, erik tozu, erik marmeladı gibi farklı ürünlerde elde edilebilmektedir. Bunların içinde özellikle erik tozu en fazla rağbet görenidir. Erik tozu sos, içecek gibi farklı hazır gıda ürünlerinin içeriği olarak karşımıza çıkmaktadır (Pandohee ve ark., 2022).

Erik İşleme Endüstrisinde Elde Edilen Yan Ürünler

Araştırmacılar işlenmiş ürünlerden elde edilen atıkların değerlendirilmesi için çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar taze meyve ve sebzeleri de kapsamaktadır. Tüketicinin bilinçlenmesi ve bilgiye ulaşımının

kolaylaşması ile taze meyve ve sebzelerin beslenme açısından değeri anlaşılmaya başlanmış böylece bunlara olan talep artmaya başlamıştır (Vilarino ve ark., 2017).

Meyve ve sebzelerin taşıdığı organik asit, polifenol, flavonoid, vitamin ve minarel vb. fitokimyasal ve kimyasal maddeler insanlarda bazı hastalıkların tedavisinde ve önlenmesinde etkili olabilmektedir. Daha önceleri kabuk, meyve posası, çekirdek gibi atık ürünleri dikkate alınmamaktaydı buda doğal olarak bunların taşıdığı kimyasal ve fitokimyasal maddelerin göz ardı edilmesine neden olmuştu. Ancak günümüzde atık ürünler kullanılarak bunlardan bu değerli maddeler elde edilebilmektedir.

Erik meyvesinin işlenmesi esnasında %25'lere kadar ulaşabilen atık maddeler ortaya çıkabilmektedir (Gonzales-Garcia ve ark., 2014). Maalesef bu atık maddeler hem çevre kirliliğine hem de taşıdığı değerli biyoaktif maddelerin kaybına neden olmaktadır (Damiani ve ark., 2014). Gıda endüstrisi artık çok daha verimli hale gelmiş olup, atık ürünlerin de artık değerlendirilebilir hale gelmiştir. Hatta Avrupa Birliği 2025 yılı itibarı ile "sıfır artık ekonomi" modelini ortaya koyacaktır. Örneğin, erik meyve atıkları enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi gibi (Pandohee ve ark., 2022).

Taze meyve ve sebze atıklarının değerlendirilmesi maliyeti düşürebilmektedir. Diğer meyve ve sebzeler olduğu gibi erik meyvesinin üretimi de zamanlar artmaktadır. Bu artış atık maddelerin de miktarının yükselmesine neden olmaktadır. Erik kabuğu ve erik meyve posası en fazla ortaya çıkan atıklardır ve genelde yüksek lif içeriği nedeni ile hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu kabuk ve posa aynı insansan sağlığına olumlu etkileri olan fitokimyasal maddelerce zengindir; bu yüzden araştırmacılar bu maddelerin elde edilmesi için çalışmalar yürütmektedirler (Pandohee ve ark., 2022).

Erik posası

Erik posası normalde ıskarta olarak kabul edilen erik meyve eti ve kabuğundan teşekkül eden ya çukurları doldurmak ya da hayvan yemi olarak kullanılan bir üründür. Son zamanlar bulanık meyve suyuna olan talep nedeni ile erik posası erik meyve suyuna katılarak yeniden kullanılabilir. Tüketici bulanık erik suyunun berrak meyve suyundan haklı olarak fitokimyasallarca daha zengin olduğunun farkına varmıştır. Erik posası pektin bakımından zengindir (Gil ve ark., 2002). Pektin gıda teknolojisinde kıvam artırıcı, jelleştirici ve kararlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Erik posası ayrıca

diyetsel lif bakımından zengin bir ürün olup, işlem metoduna göre bu oran %64.5'e kadar çıkabilmektedir (Pandohee ve ark., 2022).

İçerisindeki suda çözünen ve çözünmeyen liflerin antioksidan özellikleri ortaya konulmuş ve bundan yararlanmak için çalışmalara yapılmaya başlanmıştır. Çözünebilir lifler kardiyovasküler hastalıkların azaltılmasında ve kolesterolün düşürülmesinde etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca kilo kontrolünde diyetsel liflerin etkili kullanıldığı artık her kesim tarafından bilinmektedir. Bu yüzden erik posası bir atık üründen daha ziyade antioksidan özelliğine sahip diyetsel bir işlenmemiş ürün gibi algılanmalıdır (Milala ve ark., 2013).

Erik posası antosiyanince zengin bir atık maddedir. İyi bir antioksidan olan antosiyanin gıda teknolojisinde sentetik renklendiricilerin yerini olabilecek bir potansiyel taşımaktadır (Elleuch ve ark., 2011). Erik posası ilavesi ile elde edilen fırın ürünlerinin daha lezzetli ve dayanıklı olduğu bulunmuştur (Sahni ve Shere, 2018). Ucuz bir ürün olan erik posası zengin fitokimyasal ve lif içeriği ile yeni fonksiyonel gıdaların üretilmesine olanak verecek bir postansiyel taşımaktadır (Pandohee ve ark., 2022).

Erik çekirdeği

Erik çekirdeği oldukça fazla ortaya çıkan ve genellikle değerlendirilmeyen bir atık üründür. Bu yüzden çekirdeklerin değerlendirilmesi özellikle çevresel açıdan büyük önem arz etmektedir (Kostic ve ark., 2016). Çekirdek yağ, protein, vitamin, mineral ve lif gibi maddelerce zengin bir yapı göstermektedir. Bu yüzden ucuz yolla bu maddelerin elde edilmesin olanak sağlama potansiyelindedir (Gorna ve ark., 2015).

Çekirdek bir siyanür türü olan amigdalin maddesince zengin olup, bu madde bir takım farmakolojik özelliklere sahiptir (Dulf ve ark., 2026; Zhang ve ark., 2019). Erik çekirdeğinin içinde bulunan yağlar kayısı çekirdeğine benzer özelliktedir ve bazı yerlerde bu kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Çekirdeğin bu zengin protein, doymamış yağ ve polifenol içeriği bir avantaj olarak algılanmalı ve mutlaka değerlendirilmelidir (Pandohee ve ark., 2022).

Erik çekirdeğinin değerlendirilmesi amacı ile içindeki protein ve yağı kullanılarak yenilebilir kaplama çalışması yapılmış ve çalışmadan olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Sheikh ve ark., 2023). Yine erik çekirdeğinin

değerlendirilmesi amacı biyodizel olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmış ve araştırma sonucunda biyodizel olarak kullanılabilme potansiyelinin olduğu ortaya konulmuştur (Miladinovic ve ark., 2023). Yapılan diğer bir çalışmada erik çekirdeğinden elde edilen yağın bilinen yenilebilir yağlara alternatif olup olmayacağı araştırılmış ve araştırma olumlu sonuçlar ortaya koymuştur (Vladic ve ar., 20209).

KAYNAKÇA

- Balasundram, N., Kalyana, S., Samir, S. (2006). Phenolic compounds in plants and AgriIndustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* 99 (1): 191–203.
- Cisneros-Zevallos, L., and Heredia, J.B. (2004). Antioxidant capacity of fresh-cut produce may increase after applying ethylene and methyl jasmonate. *Proceedings of the 2004 Institute Food Technologists Annual Meeting*, September, Las Vegas, NV, USA.
- Damiani, C., da Silva, F.A., Cândido Rodovalho, E., Becker, F.S., Asquieri, E.R., Oliveira, R.A., Lages, M.E. (2012). Aproveitamento e Resíduos Vegetais Para Produção De Farofa Temperada Utilization of Waste Vegetable for the Production of Seasoned Cassava Flour. *Alimentos e Nutrição Araraquara* 22 (4): 657–662.
- Dulf, F.V., Vodnar, D.C., Socaciu, C. (2016). Effects of solid-state fermentation with two filamentous fungi on the total phenolic contents, flavonoids, antioxidant activities and lipid fractions of plum fruit (*Prunus domestica* L.) By-products. *Food Chemistry* 209: 27–36.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary Fibre and Fibre-Rich by-Products of Food Processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications: A Review. *Food Chemistry* 124 (2): 411–421
- Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Kader, A.A. (2002). Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (17): 4976–4982.
- González-García, E., Marina, M.L., Concepción García, M. (2014). Plum (*Prunus Domestica* L.) by-product as a new and cheap source of bioactive peptides: extraction method and peptides characterization. *Journal of Functional Foods* 11: 428–437.
- Górnaś, P., Mišina, I., Grāvīte, I., Lācis, G., Radenkovs, V., Olšteine, A., Segliņa, D., Kaufmane, E., Rubauskis, E. (2015). Composition of tocochromanols in the kernels recovered from plum pits: the impact of the varieties and species on the potential utility value for industrial application. *European Food Research and Technology* 241 (4): 513–520.

- Kim, D.-O., Padilla-Zakour, O.I. (2004). Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *Journal of Food Science* 69 (9): S395–S400.
- Kostić, M.D., Veličković, A.V., Joković, N.M., Stamenković, O.S., Veljković, V.B. (2016). Optimization and kinetic modeling of esterification of the oil obtained from waste plum stones as a pretreatment step in biodiesel production. *Waste Management* 48: 619–629
- Madhav, K. (2016). Studies on Development of Tomato Leather Prepared for Geriatric Nutrition. *Journal of Nutrition & Food Sciences* 6: 446.
- Miladinović, M., Pavlović, S., Banković-Ilić, I., Kostić, M., Stamenkovic, O., Veljković, V. (2023). Utilization of waste plum stones as a source of oil and catalyst for biodiesel production: Original scientific paper. *HEMIJSKA INDUSTRIJA (Chemical Industry)*, 77(1), 39-52.
- Milala, J., Kosmala, M., Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Zbrzeźniak, M., Markowski, J. (2013). Plum pomaces as a potential source of dietary fibre: Composition and antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology* 50 (5): 1012–1017.
- Pandohee, J., Shankaraswamy, J., Sheikh, M. A., Mir, N. A. (2022). Utilization of Plum Peels and Seeds. In *Handbook of Plum Fruit* (pp. 213-228). CRC Press.
- Sahni, P., Shere, D.M. 2018. Utilization of fruit and vegetable pomace as functional ingredient in bakery products: A review. *Asian Journal of Dairy & Food Research* 37 (3): 202–211.
- Sheikh, M. A., Saini, C. S., Sharma, H. K. (2023). Harnessing plum (*Prunus domestica* L.) processing wastes for the fabrication of bio-composite edible films: An attempt towards a food circular bioeconomy. *Food Hydrocolloids*, 142, 108790.
- Viktorija, S., Karakashova, L., Babanovska-Milenkovska, F., Delchev, N., Nakov, G., Necinova, L. (2013). The quality characteristics of plum jams made with different sweeteners. *Technology* 18–19.
- Vilariño, M.V., Franco, C., Quarrington, C. (2017). Food loss and waste reduction as an integral part of a circular economy. *Frontiers in Environmental Science* 5: 21
- Vladic, J., Gavarić, A., Jokic, S., Pavlovic, N., Moslavac, T., Popovic, L., Matias, A., Agostinho, A., Banozic, M., Vidovic, S. (2020). Alternative to conventional edible oil sources: cold pressing and supercritical CO₂ extraction of plum (*Prunus domestica* L.) kernel seed. *Acta Chim. Slov*, 67, 778-784.

- Wang, W.M, Siddiq, M., Sinha, N.K., Cash, J.N. (1995). Effect of processing conditions on the physicochemical and sensory characteristics of stanley plum paste. *Journal of food Processing and Preservation* 19 (1): 65–81.
- Wojdyło, A., Nowicka, P., Tkacz, K., Turkiewicz, I.P. (2021). Fruit tree leaves as unconventional and valuable source of chlorophyll and carotenoid compounds determined by liquid chromatography-photodiode-quadrupole/time of flight-electrospray ionization-mass spectrometry (LC-PDA-qTof-ESI-MS). *Food Chemistry* 349: 129156.
- Zhang, N., Zhang, Q.A., Yao, J.L., Zhang, X.Y. (2019). Changes of amygdalin and volatile components of apricot kernels during the ultrasonically-accelerated debitterizing. *Ultrasonics Sonochemistry* 58: 104614.

BÖLÜM 8

BAZI HORMON UYGULAMALARININ ASMA TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR¹

Ziraat Yüksek Müh. Vezir YILDIZ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567672>

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl/Türkiye
ORCID NO: 0000-0001-9732-9272, acikir@bingol.edu.tr, cakiratilla@gmail.com

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl/Türkiye
ORCID NO: 0009-0009-4217-4213, veziry081@gmail.com

1. GİRİŞ

Birçok meyve türünde olduğu gibi bağcılıkta da vejetatif ve ıslah amaçlı generatif çoğaltma yöntemleri kullanılmaktadır. Vejetatif yolla asmanın çoğaltılması hem çok pratik hem de hızlı bir şekilde olabilmektedir. Gerek asma fidanı elde edilmesinde gerek ise yerli bağcılıkta yeni bahçelerin kurulmasında başvurulan başlıca çoğaltma yöntemi vejetatif çoğaltmadır. Vejetatif çoğaltma yöntemlerinden en çok kullanılanı çoğaltma yöntemleri sırasıyla çelik, aşu ve daldırmadır (Fidan ve ark.,1987; Kelen, 1994).

Tohumla çoğaltma modern bağcılıkta melez yetiştirmekte çok önemli bir rol oynamaktadır. İlk ıslah amaçlı generatif çoğaltma bağcılıkta filokseranın bağ alanlarını tehdit etmesi ile başlamıştır (Fidan 1985, Çelik vd. 2005). Daha sonra, yüksek verimli, kaliteli ürün ile biyotik ve/veya abiyotik stres koşullarına mukavemet gibi konularda ıslah amacıyla melezleme çalışmaları süreklilik kazanmıştır.

Ticari öneme sahip diğer tüm bitkiler gibi çok yıllık kültür bitkileri içinde ıslah o denli zor fakat kaçınılmaz bir konudur. Doğal seleksiyonla ortaya çıkmış bireylerin korunması, bunlardan daha üstün özellikleri taşıyanların ortaya çıkarılması veya istenilen özelliklerin bir bitkide toplanması ancak belirli ıslah yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilebilir. Son çeyrek yüzyılda moleküler tekniklerin çok ileri düzeyde geliştirilerek bitki ıslahında kullanılmaya başlaması sonucunda asma ıslahı da daha bilinçli ve sistemli bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Zaman içinde daha bilinçli seleksiyon yapılması, mevcut üzüm çeşitlerinde verim artışı, kalitenin yükseltilmesi, çekirdeksizlik, yetiştirme alanlarının genişletilmesi, olum zamanlarının erkene veya daha geçe alınması, kuraklık-soğuk gibi anormal iklim koşullarına mukavemet, filoksera, nematod ve benzeri zararlılara, mantari hastalıklara, virüslere dayanıklılık, mekanizasyona uygunluk gibi konularda mevcut çeşitlerin ıslahına veya yeni çeşitler elde etmeyi amaçlayan ıslah çalışmalarına girilmiştir (Fidan, 1985; Ağaoğlu vd., 1998).

Asma ıslah programlarında biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı dayanıklı, aynı zamanda da kaliteli ürün veren üzüm çeşitleri elde etmek amacıyla en yaygın kullanılan yöntem melezleme ıslahıdır (Uslu vd. 1995, Çelik vd. 2005).

Asmalarda yukarıda belirtilen amaçlara yönelik olarak çeşitlerin geliştirilmesi, uygun ebeveynlerin melezlenmesiyle elde edilecek F1 popülasyonlarından yapılacak seleksiyona dayanmaktadır. Kaçınılmaz olan

klasik asma ıslah çalışmaları oldukça uzun ve yoğun bir emek gerektirmektedir (Çelik, 1998).

Yeni çeşitlerin eldesi ve iyi özelliklerin kombine edilmesi amacıyla yapılan melezleme çalışmalarının başarısında, çekirdeklerin çimlenme güçleri önemli rol oynamaktadır. Çimlenme gücü zayıf olan çekirdeklerden elde edilecek bitki sayısının az olması nedeniyle, istenilen özellikleri taşıyan omcaların ortaya çıkma olasılıkları da bu sebeple düşük olmaktadır. Bugün değişik amaçlara yönelik olarak sürdürülen ıslah çalışmalarında elde edilen melez çekirdeklerin mümkün olan en yüksek oranda çimlendirilmeleri ve bunlardan sağlıklı bitkiler elde edilmesi amaçlanmaktadır (Fidan ve Eriş 1975).

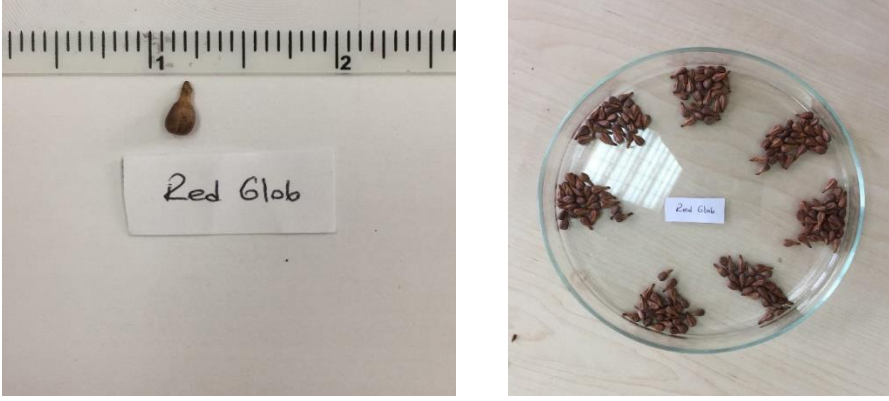
Çalışmamızda temel amaç, ıslah çalışmalarında hedeflenen özelliklere yönelik yapılmış çalışmalarda elde edilmiş çok değerli materyallerden mümkün olduğu oranda maksimum düzeyde faydalanmak amacıyla deneme kurulmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma 2018 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji ve Hasat Sonu laboratuvarlarında yürütülmüştür. Denemede bölgemizde fazlasıyla rağbet gören ve hatta ülke genelinde çok iyi bilinen bazı yerli üzüm çeşitlerimizden; Besni, Banazı Karası, Müşküle, Öküzgözü, Boğazkere, Mezrone, Ağın Beyazı ve Köhnü ile dünyaca ünlü ve bölgemize adaptasyonu iyi olan, Cardinal ve Red Glode üzümleri olmak üzere toplam 10 farklı üzüm çeşidine ait çekirdekler kullanılmıştır.

2.1 Çalışmada Kullanılan Tohum Materyallerinin Temini

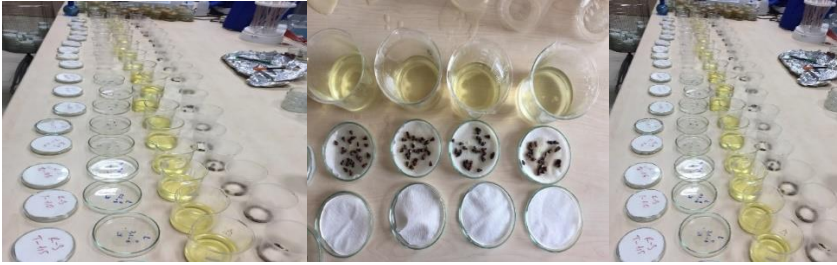
Çalışmada kullanılan çeşitlere ait tohum materyalleri Diyarbakır, Mardin, Malatya, Adıyaman ve Elazığ illerinden temin edilmiş üzüm çeşitlerinden elde edilmiştir. 2017 yılı Ağustos ayından başlanarak çeşitlere ait tohumların eldesi için çalışmalar başlatılmış olup, yeteri kadar tohum temini için her bir üzüm çeşidinden en az 2'şer kg üzüm alınarak örnekler çalışmaların sürdürüleceği laboratuvara en kısa sürede nakledilmiştir. Laboratuvara aktarılan üzüm çeşitlerine ait çekirdekler meyve etlerinden ayrılarak (en az 540 adet) çıkarılmışlardır. Çıkarılan tohumlar iyice yıkandıktan sonra kurutulmuş, gerekli ölçüm ve tartım işlemleri yapılarak cam malzemelere konulmuştur (Şekil 2.1). Oda sıcaklığında denemenin kurulacağı tarihe kadar saklanmıştır.



Şekil 2.1. Meyve etinden ayrılmış çekirdeklerin ambalaj ve muhafazası

2.4.1.Çimlendirme Denemeleri Öncesi Ön İşlemler

Çimlendirmede kullanılacak filtre kağıtları, 9 cm çapındaki petri kaplarının boyutuna uygun olacak şekilde kesilerek hazırlanmıştır. Çimlendirme denemelerinde Besni, Banazı Karası, Köhnü, Red Globe, Müşküle, Öküzgözü, Boğaz Kere, Mazrone ve Ağın Beyazı çeşitlerinin katlamalı ve katlamasız olarak kullanılacak. 180 petri kabının (10 çeşit x 4 doz x 3 tekrar 1 kontrol grubu) denemede kullanılacak tohumlar ön işlemler öncesi % 3'lük çamaşır uyunda 5 dk bekletildikten sonra çeşme suyuyla duruladıktan sonra saf suyla yıkanıp temizlenmiştir. Ayrıca çimlendirme testlerinde kullanılacak ortam, malzemeler ve petri kapları testten önce etil alkolle steril edildikten sonra saf suyla yıkanmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Tohumlarda Dezenfeksiyon işlemi

3.2.4.2.Hormonların hazırlanması ve uygulanması

Denemede kullanılacak östrojen ve testosteron hormonları kontrol dahil 5 farklı dozda hazırlanarak (0.0g/lt, 0.5 g/lt, 1.0 g/lt, 1.5 g/lt ve 2.0g/lt) hormon uygulaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Çözeltinin hazırlanması ve tohumların çözeltiliye bırakılması

Deneme materyallerine hormon uygulaması 100 ml'lik beherlerde daha önce hazırlanmış çözeltiler ile uygulanmıştır (Şekil 2.3).

Araştırma materyali olan tohumlara farklı dozlardaki hormon uygulama süresi 5'er dk. olup her bir uygulama için her tekrürde 10 adet tohum olmak üzere toplam 30 adet tohum kullanılmıştır. Böylece her bir çeşit için hem kontrol hem iki hormon ve hem de her iki hormon uygulamalarının farklı dozları dahil toplam 540 adet tohum kullanılmıştır.

2.4.3. Tohumlarda çimlendirme denemesinin kurulması

Farklı dozlarda hormon uygulaması gerçekleştirilmiş deneme materyalleri çimlendirme testlerine tabi tutulmuştur. Çimlendirme işlemi, içine daha önceden dezenfekte edilmiş iki adet filtre kağıdı konan 9 cm lik petri kaplarında yapılmıştır. Her petri kabına 3'er tekrürü ve her tekrürde 10'ar adet tohum olmak üzere toplam 30 tohum kullanılmıştır. Böylece katlama işlemine tabi tutulmadan söz konusu üzüm çeşitlerine ait 540 adet tohum çimlendirme testine tabi tutulmuşlardır. Her uygulama için her bir petri kabında 30'ar tohum olmak üzere toplamda deneme için 180 adet petri kabı kullanılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çimlendirme denemesinin kurulması

Plan doğrultusunda hazırlanmış dememe petri kapları sıcaklık ve nem ayrı yapılabilen iklim dolabına yerleştirilmiştir. İklim dolabı sıcaklığı 24 C, nem ise %70'e ayarlanarak deneme kurulmuştur. Her 3 günde bir olmak üzere çimlenmeler gözlemlenmiştir. Her sayımda çimlenen tohum sayıları belirlenmiş ve kayıt altına alınmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 3.5 Tohumların çimlendirme denemesine alınması

Çimlendirme testleri süresince tohumların nem düzeylerini belirli bir seviyede tutmak amacıyla belli aralıklarla tohumlar daha önce strelize edilmiş saf su ile nemlendirilmiştir. Ayrıca çimlendirme testi süresince deneme materyallerinin mantari enfeksiyonlara karşı korumak amacıyla her hafta ve haftada 1 kez olmak üzere fungusit uygulaması yapılmıştır. Kökçüklerine zarar veremeyecek titizlikte çimlenmiş tohumlar daha önceden hazırlanmış ve içerisine 1:1:1 oranında perlit torf ve cocopet konulmuş viyollere ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeşitler itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait değerler Tablo 1'de verilmiştir. Katlamasız tohum sayısı en fazla Red Globe en az ise Besni çeşidinde belirlenmiştir. Katlamasız tohum sayıları ortalamasında Red Globe, Ağın Beyazı, Müşküle, Köhnü, Mazrone ve Cardinal çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve ortalama değerler sırasıyla 6,97, 6,93, 6,87, 6,80, 6,73 ve 6,67 olarak tespit edilmiştir. Öküzgözü çeşidinde katlamasız tohum sayısı ortalama 5,87, Banazı Karası çeşidinde 5,27 ve Boğazkere çeşidinde ise 4,67 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Çeşitler itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Çeşit Adı	Katlamasız Tohum Sayısı (KSTS)		
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Besni	3,83 ^a	1,117	0,204
Banazı Karası	5,27 ^c	0,980	0,179
Köhnü	6,80 ^e	0,997	0,182
Cardinal	6,67 ^e	0,959	0,175
Red Globe	6,97 ^e	0,964	0,176
Müşküle	6,87 ^e	1,137	0,208
Öküzgözü	5,87 ^d	0,937	0,171
Boğazkere	4,67 ^b	1,269	0,232
Mazrone	6,73 ^e	1,081	0,197
Ağın beyazı	6,93 ^e	1,202	0,219

^{a,b,c,d,e}: aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir.

Bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynayan en önemli içsel faktörlerden birisi olan bitki hormonlarının keşfi ile bitki büyümesini ve büyüme ile ilgili birçok faaliyetleri kontrol altına almak mümkün olmuştur. Bunlardan oksinler, gibberalinler, absisik asit (ABA) ve sitokinler çok çeşitli fizyolojik etkilere sahiptir (Ünyayar ve Topçuoğlu 1998; Karakurt vd 2010). Ilıman iklim meyve türlerinin tohumlarında katlama işlemi yapılmadan hormon uygulaması ile tohumların çimlenme oranlarını yükseltmek amacıyla bazı zeytin tohumlarında araştırmalar yürütülmüş ve sonuç olarak, GA ve IAA diğer uygulamalara göre daha yüksek çimlenme oranı oluştururken aynı zamanda çimlenme süresini de kısaltmıştır (Yüce 1979). Bitki büyüme düzenleyicileri doğal ve sentetik olmak üzere iki şekildedir. Doğal hormonlar bitki tarafından sentezlenirken, sentetik hormonlar kimya endüstrisi tarafından geliştirilen değişik yapıdaki maddelerdir. Sentetik hormonlar doğal hormonlarla benzer etki göstermekte, bazı durumlarda da daha fazla etkilere sahip olabilmektedir (Çetin 2002; Algül vd 2016). Büyüme gelişme düzenleyicilerin günümüzde birçok alanda pratik olarak kullanımı bilinmektedir. Çokça bilinen bu hormonların dışında bitki bünyesinde iz miktarda bulunabilen cinsiyet (17β -östradiol, östrojen, progesteron, testosteron vb.) hormonları da son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Janeczko ve Skoczowski 2005; Hacibektaşoğlu 2011).

Tablo 3. Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Hormon Uygulaması		Ortalama	Standart sapma	Standart hata
KSTS	Östrojen	6,05	1,430	0,117
	Testesteron	6,07	1,559	0,127

Hartmann vd (2002) tarafından yapılan bir çalışmada özellikle tohum çimlenmesinde sitokinlerin, ABA gibi engelleyicilerin etkisini azaltıcı veya kaldırıcı etki yaparak dolaylı şekilde olumlu etki yaptığı ve etilenin bazı tohumlarda çimlenmeyi uyarıcı etki yaptığı belirlenmiştir (Karakurt vd 2010). Uygulanan GA3 konsantrasyonunun ve süresinin çimlenme üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Duman 2006). Çömkekcioglu vd (2015) tarafından yürütülen bir çalışmada, GA3'ün diğer iki hormona nazaran her iki türde de düşük sıcaklıkta çimlenme üzerine daha olumlu etki yaptığı ve çimlenmeyi arttırdığı sonucuna varılmıştır. Janeczko (2000) yapmış olduğu bir araştırmada, östrojen ve progesteron'un (1 μ M) in vitro ortamında yaprak gelişimini ve kışlık buğday çimlenmesini teşvik ettiğini bildirmiştir. Brown (2006) tarafından yürütülen araştırmada, Östrojenin 0,1 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyonlarında bitkilerin kök gelişiminin azaldığı belirlenmiş, bitkilerde de biçim bozukluğu ve kallus oluşumu gözlenmiştir. Östrojen ile muamele edilen bitkilerde kontrole göre yumru üretiminde istatistiki olarak önemsiz bir azalma olduğu saptanmıştır. Janeczko (2000) ve Janeczko vd (2002) buğdayda yaptıkları farklı çalışmalarda, östron ve östrojenin çimlenmeyi sınırladığını rapor etmişlerdir. Çimleneme karakterlerinde özellikle çimlenme oranı ve hızını artıran GA uygulamalarının östron ve testosteron uygulamalarının farklı dozlarıyla benzer etkiler ortaya çıkardığı Hacıbektaşoğlu (2011) tarafından ortaya konmuştur. Kara erik üzüm çeşidinde yapılan bir çalışmada, asma sürgün uçlarında, en düşük oluşum %20 oranında 10^{-7} M östrojen uygulamasında görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, çimlenme öncesi yapılan GA3 ön uygulamalarının, tuz stresinin hüsnüyusuf tohumlarının çimlenme engelleyici etkisini önemli ölçüde ortadan kaldırdığı saptanmıştır (Yıldız vd 2017). Ertekin vd (2009) tarafından yapılan çalışmada, sonuç olarak; hormon uygulamasının defne fidanlarının gelişimi üzerine olumlu etkisi saptanmış, fidanlık koşullarında defne üretiminde GA3 hormonunun kullanılması tavsiye edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, Malta eriğinde katlamadan önce yapılan GA3 uygulamalarında hem çimlenme

üzerine hem de çöğür gelişimi üzerine 300 ppm uygulamasının çok etkili olduğu belirlenmiştir (Okatan 2017).

Tablo 4. Hormon uygulaması itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait varyans tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,053	1	0,053	0,024	0,877
Within Groups	666,867	298	2,238		
Total	666,920	299			

Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4). Yapılan bir çalışmada da hormon uygulamalarının hıyarda ortalama tohum çıkışına etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Hacıbektaşoğlu 2011). Daha önce yapılmış olan başka bir çalışmada ise, uygulanan ön işlemlerin (hormon uygulaması) defne fidanlarının gelişimi üzerine istatistiki açıdan anlamlı etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir (Ertekin vd 2009). Okatan 2017 tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli çıkmıştır.

Tablo 5. Çeşitler açısından hormon uygulamalarının katlamasız tohum sayısı dağılımı

Çeşit Adı	KSTS	
	Östrojen	Testesteron
Besni	4,07	3,60
Banazı Karası	5,13	5,40
Köhnü	6,67	6,93
Cardinal	6,53	6,80
Red Globe	6,93	7
Müşküle	7,07	6,67
Öküzgözü	5,80	5,93
Boğazkere	4,80	4,53
Mazrone	6,67	6,80
Ağın beyazı	6,80	7,07

Çeşitler açısından hormon uygulamalarının katlamasız tohum sayısı itibariyle dağılımı tablo 5’te verilmiştir. Katlamasız tohum sayısında Östrojen hormonu uygulamasında en fazla tohum sayısı Müşküle çeşidinde en az tohum sayısı ise Besni çeşidinde, Testesteron hormonu uygulamasında ise en fazla tohum sayısı Ağın Beyazı çeşidinde en az tohum sayısı ise yine Besni çeşidinde saptanmıştır. Testesteron hormonu uygulaması Besni, Banazı Karası, Boğazkere ve Mazrone çeşitlerinde katlamalı tohum sayısında, Besni, Müşküle ve Boğazkere çeşitlerinde ise katlamasız tohum sayısında azalmaya neden olmuştur.

Tablo 6. Uygulanan doz itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Uygulanan doz	KSTS		
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Kontrol	4,77 ^a	1,345	0,174
0.5 doz	6,88 ^d	1,209	0,156
1 doz	6,15 ^{bc}	1,325	0,171
1.5 doz	6,60 ^{cd}	1,291	0,167
2 doz	5,90 ^b	1,374	0,177

^{a,b,c,d}: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir.

Katlamasız tohum sayısı ortalamaları kontrol grubunda 6,88 ile 4,77 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 6). Yapılan bir çalışmada hormon doz uygulamalarının hıyarda ortalama tohum çıkışına etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Hacıbektaşoğlu 2011). Gökçek (2014) tarafından yapılan çalışmada, horum karadut çeşidinin odun çeliklerinin köklendirilmesinde 8000 ppm IBA uygulamasının köklenme, kök sayısı, kök uzunluğu ve fidan üretiminde kullanılabilir çelik sayısı için en uygun büyüme düzenleyici dozu olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait varyans tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	160,553	4	40,138	23,384	0,000
Within Groups	506,367	295	1,716		
Total	666,920	299			

Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 7). Hacıbektaşoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, hormon uygulama dozlarının hıyar genotiplerinde ortalama çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Daha önce yapılmış olan başka bir çalışmada ise, uygulanan ön işlemlerin (hormon uygulaması) defne fidanlarının gelişimi üzerine istatistiki açıdan anlamlı etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir (Ertekin vd 2009). Okatan 2017 tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Kara ve Demirhan (2006) tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise hormon dozları arasında asma fidanlarının bazı gelişim parametreleri arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Tekeli 2014).

Tablo 9. Çeşitler itibariyle farklı hormon ve farklı doz uygulamaları itibariyle katlamasız tohum sayısı

Çeşit	DOZ									
	Kontrol		0.5		1		1.5		2	
	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U
Besni	2,33	2,33	5,33	4,67	4,33	3,33	4,67	4,33	3,67	3,33
Banazı Karas	4	4	6	6,67	5,33	5,33	5,33	5,67	5	5,33
Köhnü	5,67	5,67	7,33	7,33	6	6,67	7,33	8	7	7
Cardinal	5,33	5,33	7	7,67	6,33	6,67	7,33	7,33	6,67	7
Red Globe	5,67	5,67	7	7,33	7,33	6,67	8	8	6,67	7,33
Müşküle	6	6	8	7,67	7,67	7,33	7	6,33	6,67	6
Öküzgöz ü	4,67	4,67	6,67	6,67	6	6,33	6,33	6,33	5,33	5,67
Boğazker e	3	3	5,67	5,67	5	4,33	6	5,33	4,33	4,33
Mazrone	5,33	5,33	7,67	7,67	7,33	6,33	6,67	7,67	6,33	7
Ağın beyazı	5,67	5,67	8	7,67	7,33	7,33	6,67	7,67	6,33	7

Çeşitler itibariyle farklı hormon ve farklı doz uygulamaları itibariyle katlamasız tohum sayısı değerleri tablo 9'da verilmiştir. Katlamasız tohum sayısı Besni çeşidinde tetstesteron hormonu uygulamasının bütün dozlarında azalmış, Banazı Karası çeşidinde 0.5 doz Testetsteron hormonu

uygulamasında artmış, 1 doz uygulamasında değişmemiş, 1.5 ve 2 doz uygulamasında ise artmıştır. Köhnü çeşidinde 0.5 ve 2 doz Testesteron uygulamasında değişmemiş, 1 ve 1.5 doz uygulamasında ise artmıştır. Sonuç olarak, katlamasız tohum sayısında en yüksek değere Köhnü çeşidi 1.5 doz Testesteron hormonu uygulamasında, Red Globe çeşidinde 1.5 doz her iki hormon uygulamasında, müşküle çeşidinde 0.5 doz östrojen hormonu uygulamasında ve ağır beyazı çeşidinde 0.5 doz östrojen hormonu uygulamasında ulaşmıştır. Besni çeşidi ise her iki hormon uygulamasında da kontrol grubunda en düşük katlamasız tohum sayısına sahip olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katlamasız tohum sayılarının ortalamaları arasındaki farklar çeşitler itibariyle istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Katlamasız tohum sayısı ise en fazla Red Globe (6,97) en az ise Besni çeşidinde (3,83) belirlenmiştir.

Özellikle Testesteron hormonunun katlamasız tohum sayısında az da olsa ortalamayı arttırdığı kanısına varılmıştır. Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuş, katlamasız tohum sayısı ortalamaları kontrol grubunda 5,97 ve 4,77 ile en az 7,95 ve 6,88 ile 0.5 doz uygulamasında ise en fazla olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak; bitkisel üretimde kullanılan çok düşük dozlarda dahi etkili olabilen bitki büyüme düzenleyicilerinin bilinçli kullanımı, kaliteli üretimi yönlendirdiği ve başarılı sonuçlar elde edildiği için son derece önemlidir. Cinsiyet hormonlarının *in vitro* ve *in vivo* şartlarda bitkilere dışarıdan uygulamaları ile ilgili çalışmalar halen daha yeterli düzeyde değildir. Tarımsal üretimde çokça kullanılan bitki büyümesini düzenleyici maddelerinin etkileri ve kullanım alanları artık çok iyi bilinmektedir. Bunlara ilave olarak veya etkisi fazla olabilecek olan cinsiyet hormonlarının kullanımının tarımsal üretime özellikle verim ve kalite artışı yönünden getireceği olumlu etkiler araştırılmalı ve pratikte kullanılabilirliği sağlanmalıdır.

Bilgi: Bu çalışma Vezir YILDIZ'ın Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlamış olduğu Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ağaoğlu, Y. S., Marasalı, B. ve Ergül, A. (1998). Asma ıslahında son gelişmeler. *IV. Bağcılık Sempozyumu*, 20-23 Ekim, Yalova. 9-16 s.
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E., Günver Dalkılıç, G. (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2). 87-95.
- Çelik, H., (1998). Fidanlık Şartlarında ve El İle Çalışan Aşı Makineleriyle Uygulanan Farklı Aşılama Yöntemlerinin Aşıda Başarı Üzerine Etkileri. *IV. Bağcılık Sempozyumu Bildirileri*. 362367. 20-23 Ekim 1998, Yalova.
- Çelik, H., Çelik, S., Kunter, B. M., Söylemezoğlu, G., Boz, Y., Özer, C. ve Atak, A. (2005). Bağcılıkta gelişme ve üretim hedefleri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. 3-7 Ocak 2005, Ankara. 565-588 s.
- Çetin, V. (2002) Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (2) 40-50.
- Fidan, Y. (1985). Özel Bağcılık. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 930, Ders Kitabı No: 265. 401 s.
- Fidan, Y. ve Eriş, A. (1975). Üzüm çekirdeklerinin dış ve iç yapılarının bazı özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ankara Üniv. Ziraat Fak Yıllığı* 24 (1-2): 21-37.
- Fidan, Y., ve İ. Yavaş. (1987). Yeni Bağcılığa Geçiş. *A.Ü. Ziraat Fak.*, Ankara.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Geneve, R. L. Jr. (2002) Plant Propagation, Principles and Practices. *7th Edition, Prentice Hall*, New Jersey, 880.
- Karakurt; H., Aslantaş, R., Eşitken, A. 2010. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerine etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 115-128
- Kelen, M. (1994). Bazı uygulamaların aşılı köklü asma fidanı üretiminde fidan kalite ve randımanı üzerine etkileri ile aşı kaynaşmasının anatomik ve histolojik olarak incelenmesi üzerine araştırmalar. *Y.Y.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 131 S, Van.
- Uslu, İ., Samancı, H., Demiray, T. ve Gökçay, E. (1995). Melezleme yoluyla sofralık yeni üzüm çeşitlerinin elde edilmesi. *Bilimsel Araştırma ve İncelemeler Yayın No 56*. Atatürk Bahçe

- Ünyayar, S. ve Ş. F. Topçuoğlu. (1998). Phanerochaete chrysosporium ME 446'dan elde edilen indol-3-asetik asit (IAA), gibberalisk asit (GA3), absisik asit (ABA) ve zeatin'in biyolojik aktivitelerinin tayini. *Tr. J. Of Biology*, 22, 29-42.
- Yüce, B. (1979). Zeytin tohumlarının değişik ortam ve zamanlarda çimlendirmesinin çimlenme yüzdesine etkileri. <http://www.magicfinger.net/>.

BÖLÜM 9

NİKEL (Ni) UYGULAMASININ KIRMIZIBİBERDE BAZI MEYVE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ¹

Prof. Dr. Sermin AKINCI²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567674>

¹ ¹Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl

Orcid No: 0000-0002-2670-401X, hsyilmaz@bingol.edu.tr

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

Orcid No: 0000-0002-5259-2808, akinci.s@ksu.edu.tr

1. GİRİŞ

Özet: Kırmızıbiberde nikel (Ni) stresinin bitkinin meyve özelliklerinde meydana getirdiği etkileri incelemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesinde yürütülen çalışmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Deneme (5 doz Ni elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan nikel (Ni) dozları 0, 10, 20, 40 ve 80 mg kg⁻¹ şeklindedir. Yaklaşık 160 günlük vejetasyon süresi sonunda incelenen meyve özellikleri; bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru ağırlığı olmuştur. Nikel uygulamasının 2017 ve 2018 yılları ortalama sonuçlarında, bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), bitki başına toplam meyve sayısı (adet), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve boyu (mm), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi kuru ağırlığı (g) istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Meyve tohum evi yaş ağırlığı (g) ise istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunurken meyve çapı (mm) ve meyve şekil indeksi (boy/çap) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yerkabuğunda ortalama Ni konsantrasyonu 20 mg kg⁻¹ olarak tahmin edilirken, ultramafik kayalarda Ni 1400-2000 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Ni genellikle Fe ve Co ile birlikte sülfürler oluşturur ve birkaç Fe minerali ile ilişkilidir Kömür yanmasından kaynaklanan küresel Ni emisyonunun yaklaşık 20 kt/yıl olduğu ve petrol ürünleri yanmasından kaynaklanan küresel Ni emisyonunun 10-40 kt/yıl arasında olduğu tahmin edilmektedir (Kabata- Pendias, 2011). Nikelin antropojenik döngüsü; bu metalin %68'i paslanmaz çelik üretiminde, manyetik bileşenler ve elektrikli ekipmanların yapımında, Ni-alaşım, tıpta ve gıda teknolojisinde (farklı alet ve kaplar), mutfak ekipmanlarının imalatında (örneğin çatal bıçak takımı) bileşikleri ise Ni-Cd içeren pillerde boyar madde olarak ayrıca seramik ve cam üretiminde kullanılmaktadır (Reck ve ark., 2008).

Nikel (bazı ağır metaller) bitkilerde kök bölgesinden bitkinin gövdesine (Peralta-Videa ve ark., 2002) takiben de yapraklara (Krupa ve ark., 1993) ksilem yoluyla ve transpirasyon ile transfer olur (Neumann ve Chamel,

1986). Ayrıca nikel (Ni) floem ile çiçek tomurcuklarına, meyveye, tohumlara ve yeni doku ve organlara taşınabilir (Doğru ve ark., 2021). Rooney ve ark. (2007), toprakların KDK (kasyon değişim kapasitesi) değerinin Ni toksisitesi için en iyi tahmin edici faktör olduğunu öne sürmüştür. Fitotoksik Ni konsantrasyonları, bitki türleri ve çeşitler arasında geniş bir aralıkta değişmektedir ve çeşitli bitkiler için 40-246 mg/kg arasında olduğu bildirilmektedir (Gough ve Severson, 1976).

Bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş ve çevre illerde de en önemli sebzelerden biri olan kırmızıbiberde, Ni stresinde bitkinin meyve özelliklerinde oluşan değişimi incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi araştırma seralarında ilk yıl 28.04.2017-14.10.2017 tarihleri arasında, ikinci yıl ise 14.05.2018-20.10.2018 tarihleri arasında kurulmuş ve yürütülmüştür.

Toprak KSÜ Avşar Kampüsünden alınmıştır ve toprağa ait bazı özellikler; saturasyon %58.1, pH 7.32, tuz %0.1, kireç %0.7 organik madde %0.6 şeklindedir. Çalışmada Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen "Maraş-1" kırmızıbiber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Nikel elementi ticari olarak nikel sülfat ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) formunda temin edilmiştir. Deneme (5 doz Ni elementi x 3 tekerrür) tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 2017-2018 yıllarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Uygulanan nikel (Ni) dozları 0, 10, 20, 40 ve 80 mg kg^{-1} şeklindedir.

Toprak elendikten sonra 10 kg ağırlığında saksılara doldurulmuş daha sonra fideler dikilmiş ve dekara 15 kg N, 10 kg P_2O_5 ve 15 kg K_2O oranı ile toprak ağırlıklarına göre gübreleme yapılmıştır. Nikel uygulaması (0, 10, 20, 40 ve 80 mg kg^{-1}) fideler yerlerine adapte olduktan sonra yapılmıştır. Vejetasyon süresi içerisinde olgunlaşan kırmızıbiber meyveleri toplanmış meyve özellikleri belirlenmiştir.

Meyve özelliklerine (bitki başına toplam meyve sayısı (adet), bitki başına toplam meyve ağırlığı (g), ortalama meyve ağırlığı (g/adet), meyve çapı (mm), meyve boyu (mm), meyve şekil indeksi (boy/çap), meyve et kalınlığı (mm), meyve eti yaş ve kuru ağırlığı, meyve tohum evi yaş ve kuru

ağırlığı) ait ölçümler vejetasyon süresi içinde hasat olgunluğuna gelen kırmızıbiber meyvelerinde yapılmıştır.

Her iki yılda elde edilen veriler JMP istatistik paket programı (SAS programına ait bir yazılım/ JMP 2018) yardımıyla varyans analizi ile değerlendirilmiş ve grupların farklılıkları LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arası farklılıklar %5 anlam düzeyinde kontrol edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Meyve Özellikleri (Ni)

3.1.1. Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki)

Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki) varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak doz, yıl ve doz x yıl interaksiyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksiyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.1’de, bitki başına toplam meyve ağırlığı değişim grafiği ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Ni dozlarından 10 mg kg^{-1} uygulamasında kontrole göre daha yüksek toplam meyve ağırlığı elde edilirken diğer Ni dozları ($20, 40$ ve 80 mg kg^{-1}) azalmaya sebep olmuştur. En az bitki başına toplam meyve ağırlığı (56.04 g), 80 mg kg^{-1} Ni uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve ağırlığı ise (155.65 g) 10 mg kg^{-1} Ni uygulamasında belirlenmiştir. İstatistiksel olarak 40 ve 80 mg kg^{-1} Ni uygulaması aynı ortalama grubunda yer alırken diğer uygulamalar farklı ortalama gruplarını oluşturmuştur.

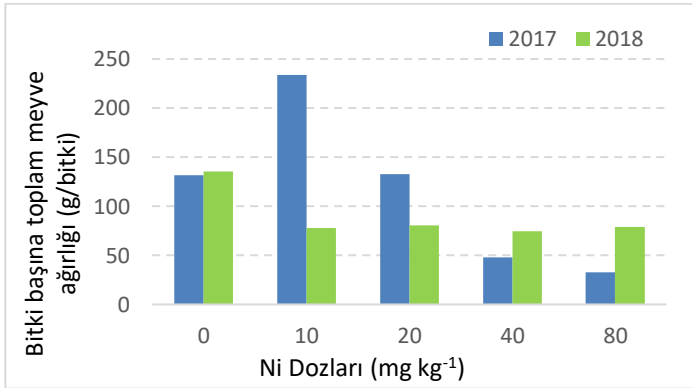
Yıllar arasında bitki başına toplam meyve ağırlığında fark görülmüştür. İki yılın bitki başına toplam meyve ağırlığı değerlerinde; ilk yıl (2017 yılı) ortalama 115.73 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 89.58 g olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak yıllar, farklı ortalama gruplarını oluşturmuşlardır.

Doz x yıl interaksiyonunda en az bitki başına toplam meyve ağırlığı ilk yıl, 32.98 g ile 80 mg kg^{-1} Ni uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve ağırlığı yine ilk yıl 233.62 g ile 10 mg kg^{-1} Ni uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığına (g/bitki) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki başına toplam meyve ağırlığı (g/bitki)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	131.80±9.48 b**	135.66±1.67 b	133.73 b**
10	233.62±5.84 a	77.69±5.06 c	155.65 a
20	132.52±4.40 b	80.77±13.65 c	106.65 c
40	47.71±5.67 d	74.68±9.02 c	61.20 d
80	32.98±1.61 e	79.11±6.83 c	56.04 d
Ortalama	115.73 a**	89.58 b	DK: %6.93
LSD _(0.05)	Yıl: 5.46	Doz: 8.63	Yıl x Doz:12.20

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.1. Ni dozlarının biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığına (g/bitki) etkisine ait değişim grafiği

3.1.2. Bitki başına toplam meyve sayısı (adet)

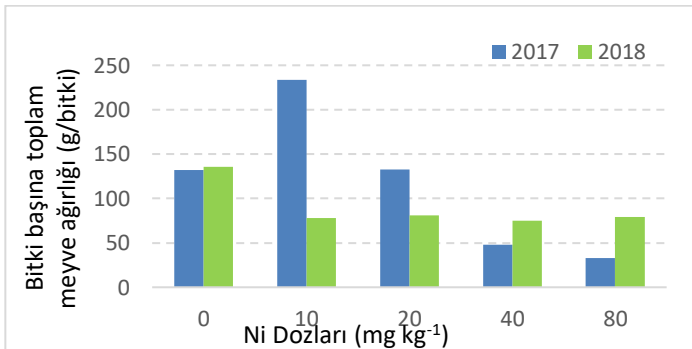
Bitki başına toplam meyve sayısı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksyonu çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.2’de, bitki başına toplam sayısı değişim grafiği ise Şekil 3.2’de verilmiştir.

En az bitki başına toplam meyve sayısı (7.03 adet), 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve sayısı ise (19.19 adet) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir. Yıllar arasında bitki başına toplam meyve sayısında farklılık görülmüştür. İki yıl değerlerinde; ilk yıl ortalama 12.89 adet iken ikinci yıl 11.13 adet olarak belirlenmiştir. Doz x yıl interaksiyonunda en az bitki başına toplam meyve sayısı ilk yıl, 3.84 adet ile 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla bitki başına toplam meyve sayısı yine ilk yıl 28.00 adet ile 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Ni dozlarının, biber bitkisinin bitki başına toplam meyve sayısına (adet) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Bitki başına toplam meyve sayısı (adet)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	12.00±1.00 c**	14.16±1.17 b	13.08 b**
10	28.00±3.00 a	10.39±0.79 c	19.19 a
20	15.50±0.5 b	10.72±0.26 c	13.11 b
40	5.08±0.37 d	10.17±1.16 c	7.63 c
80	3.84±0.13 d	10.22±1.07 c	7.03 c
Ortalama	12.89 a**	11.13 b	DK: %10.29
LSD _(0.05)	Yıl: 0.95	Doz:1.50	Yıl x Doz:2.12

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.2. Ni dozlarının biber bitkisinin bitki başına toplam meyve ağırlığına (g/bitki) etkisine ait değişim grafiği

3.1.3. Ortalama meyve ağırlığı (g/adet)

Ortalama meyve ağırlığı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl ve doz çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.3'te, ortalama meyve ağırlığı değişim grafiği ise Şekil 3.3'te verilmiştir.

Uygulanan Ni dozlarının tamamı (10, 20, 40 ve 80 mg kg⁻¹) istatistiksel olarak aynı ortalama grubunda yer almış ve kontrole göre biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığında azalmaya sebep olmuştur. Ortalama meyve ağırlığı en az (7.96 g/adet) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiş en fazla (10.30 g/adet) ortalama meyve ağırlığı kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

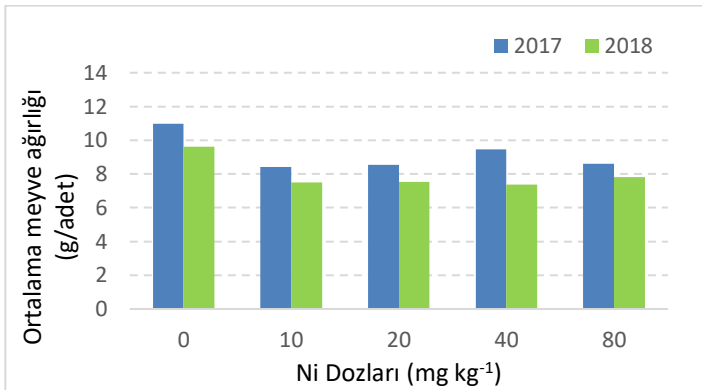
Yıllar arasında ortalama meyve ağırlığında istatistiksel olarak fark görülmüştür. İlk yıl ortalama 9.20 g/adet iken ikinci yıl 7.96 g/adet olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunsa da rakamsal olarak ortalama meyve ağırlığı en az az ikinci yıl, 7.37 g/adet ile 40 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla birinci yıl 10.99 g/adet ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Ni dozlarının, biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığına (g/adet) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Ortalama meyve ağırlığı (g/adet)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	10.99±0.13 ^{öd}	9.62±0.68	10.30 a**
10	8.42±1.12	7.49±0.43	7.96 b
20	8.55±0.01	7.52±1.14	8.04 b
40	9.45±1.54	7.37±0.91	8.41 b
80	8.60±0.70	7.80±0.98	8.20 b
Ortalama	9.20 a**	7.96 b	DK: %9.14
LSD _(0.05)	Yıl: 0.60	Doz: 0.95	Yıl x Doz:-

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$ ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.3. Ni dozlarının biber bitkisinin ortalama meyve ağırlığına (g/adet) etkisine ait değişim grafiği

3.1.4. Meyve Çapı (mm)

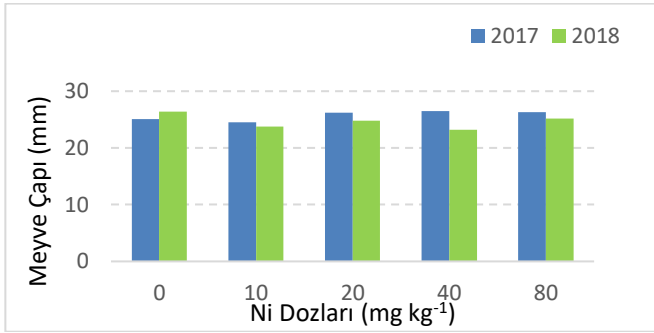
Ortalama meyve çapı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar Çizelge 3.4'te ve meyve çapı (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.4'te verilmiştir.

Farklı dozlardaki Ni uygulaması meyve çapı üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yıllar arasında da meyve çapı istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Doz x yıl interaksyonu da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.4. Ni dozlarının, biber bitkisinin meyve çapına (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve Çapı (mm)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	25.04±1.01 ^{öd}	26.40±0.40	25.72^{öd}
10	24.50±3.13	23.72±0.42	24.11
20	26.17±0.63	24.84±1.11	25.51
40	26.46±1.64	23.23±1.72	24.83
80	26.31±0.47	25.17±2.34	25.74
Ortalama	25.70^{öd}	24.67	DK: %5.90
LSD _(0.05)	Yıl: -	Doz: -	Yıl x Doz:-

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.4. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve çapına (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.5. Meyve Boyu (mm)

Meyve boyu (mm) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl, doz ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.5'te, meyve boyu (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.5'te verilmiştir.

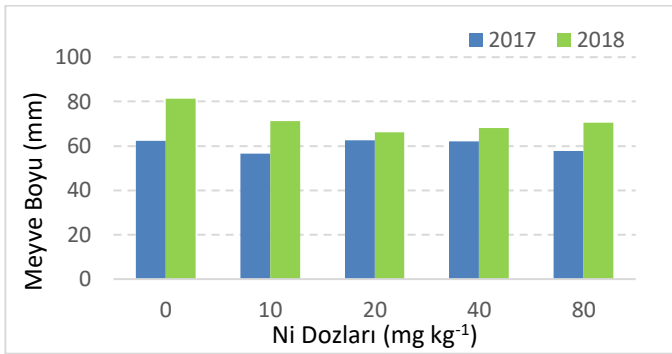
Meyve boyu en az (63.84 mm) 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiş, en fazla (71.81 mm) meyve boyu kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. Yıllar arasında meyve boyunda istatistiksel olarak fark izlenmiştir. İlk yıl (2017 yılı) meyve boyu ortalaması 60.22 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 71.45 mm olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonunda ortalama meyve boyu en az ilk yıl, 57.65 mm ile 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla ikinci yıl 81.35 mm ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.5. Ni dozlarının, biber bitkisinin meyve boyuna (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve Boyu (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	62.26±6.34 cd**	81.35±3.42 a	71.81 a**
10	56.48±3.62 d	71.20±2.70 b	63.84 b
20	62.58±0.98 cd	66.08±0.83 bc	64.33 b
40	62.13±0.33 cd	68.08±6.44 bc	65.10 b
80	57.65±1.60 d	70.53±2.11 b	64.09 b
Ortalama	60.22 b**	71.45 a	DK: %5.47
LSD (0.05)	Yıl: 2.76	Doz: 4.37	Yıl x Doz: 6.18

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.5. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve boyuna (mm) etkisine ait değişim grafiği

3.1.6. Meyve şekil indeksi (boy/en oranı)

Meyve şekil indeksi (boy/en oranı) varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz ve doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, yıl çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.6'da, meyve şekil indeksi (boy/en oranı) değişim grafiği ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

Farklı dozlardaki Ni uygulaması meyve şekil indeksi üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

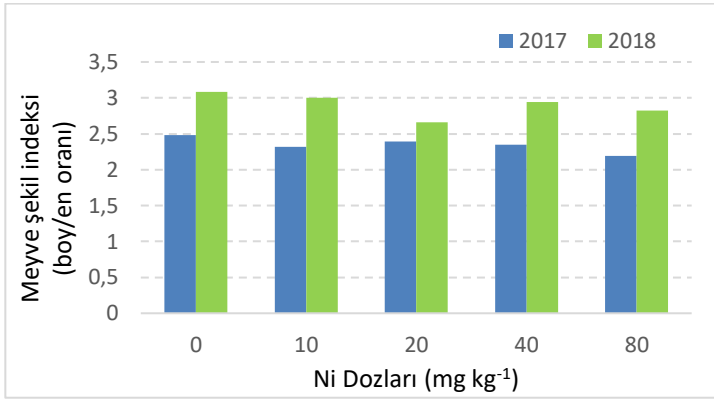
Yıllar arasında meyve şekil indeksi farklılık göstermiştir. İlk yıl (2017 yılı) meyve şekil indeksi 2.35 iken ikinci yıl (2018 yılı) 2.90 olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunsa da rakamsal olarak meyve şekil indeksi en düşük ilk yıl, 2.19 ile 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en yüksek ikinci yıl 3.08 ile kontrol grubunda belirlenmiştir.

Tablo 3.6. Ni dozlarının, biber bitkisinin meyve şekil indeksine (boy/en oranı) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve şekil indeksi (boy/en oranı)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	2.48±0.15 ^{öd}	3.08±0.14	2.78 ^{öd}
10	2.32±0.14	3.00±0.16	2.66
20	2.39±0.09	2.66±0.09	2.53
40	2.35±0.13	2.94±0.34	2.65
80	2.19±0.02	2.82±0.30	2.51
Ortalama	2.35 b**	2.90	DK: % 7.01
LSD _(0.05)	Yıl: 0.14	Doz: -	Yıl x Doz:-

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$ ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.6. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve şekil indeksine (boy/en oranı) etkisine ait değişim grafiği

3.1.7. Meyve et kalınlığı (mm)

Meyve et kalınlığı (mm), varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunurken, doz ve yıl çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.7’de, meyve et kalınlığı (mm) değişim grafiği ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

Farklı dozlardaki Ni uygulaması meyve et kalınlığı (mm) üzerinde artışa neden olmuştur. En ince meyve et kalınlığı (0.97 mm) kontrol bitkilerinde, en kalın meyve et kalınlığı (1.22 mm) ise 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

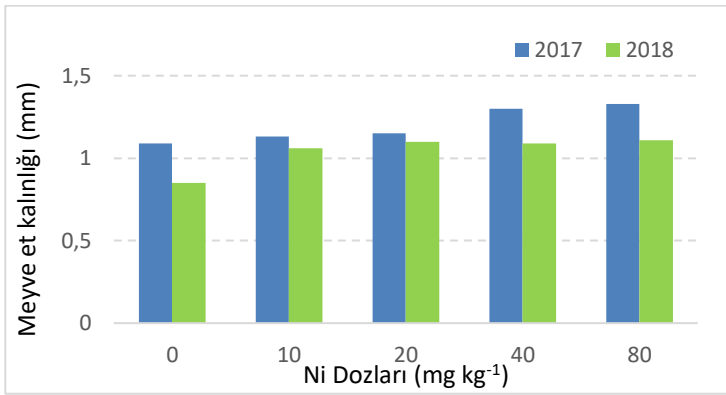
Yıllar arasında ortalama meyve et kalınlığı farklılık göstermiştir ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İlk yıl (2017 yılı) meyve et kalınlığı 1.20 mm iken ikinci yıl (2018 yılı) 1.04 mm olarak belirlenmiştir.

Doz x yıl interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.7. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve et kalınlığına (mm) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve et kalınlığı (mm)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	1.09±0.08 ^{öd}	0.85±0.06	0.97 b**
10	1.13±0.06	1.06±0.10	1.10 ab
20	1.15±0.07	1.10±0.10	1.12 a
40	1.30±0.06	1.09±0.16	1.20 a
80	1.33±0.09	1.11±0.17	1.22 a
Ortalama	1.20 a**	1.04 b	DK: %9.32
LSD _(0.05)	Yıl: 0.08	Doz: 0.13	Yıl x Doz:-

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.7. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve et kalınlığına (mm) etkisine ait değişim grafiği

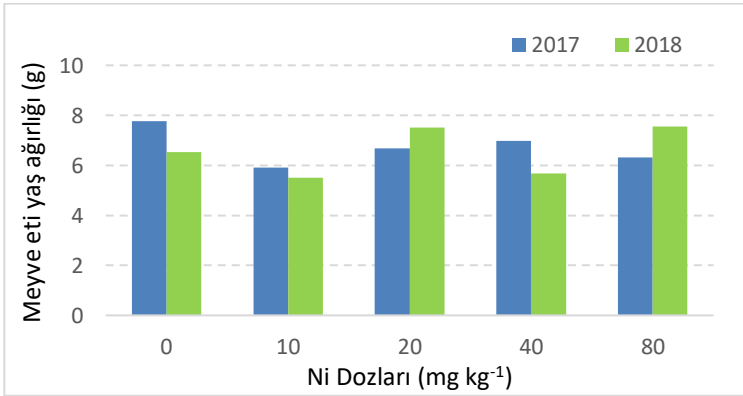
3.1.8. Meyve eti yaş ağırlığı (g)

Meyve eti yaş ağırlığı varyans analiz sonucuna göre istatistiksel

Tablo 3.8. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve eti yaş ağırlığına (g) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve eti yaş ağırlığı (g)		
	2017 yılı	2018 yılı	Ortalama (2017 ve 2018)
0	7.77±0.59 a**	6.52±0.26 cd	7.15 a**
10	5.91±0.13 de	5.50±0.23 e	5.71 c
20	6.68±0.55 bcd	7.51±0.82 ab	7.10 a
40	6.97±0.13 abc	5.68±0.66 e	6.33 b
80	6.32±0.18 cde	7.56±0.78 a	6.94 a
Ortalama	6.73^{öd}	6.56	DK: %7.35
LSD _(0.05)	Yıl: -	Doz: 0.59	Yıl x Doz: 0.84

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.8. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve eti yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.9. Meyve eti kuru ağırlığı (g)

Meyve eti kuru ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl ve doz çok önemli ($p<0.01$), iken doz x yıl interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.9'da ve meyve eti kuru ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.9'da verilmiştir.

En az meyve eti kuru ağırlığı (0.77 g), 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla ise (1.03 g) 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

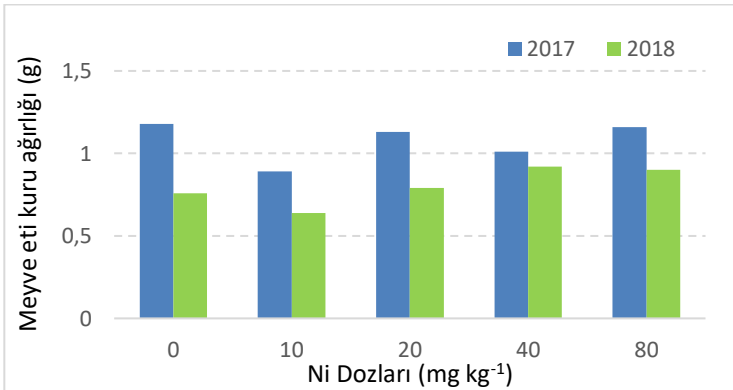
İlk yıl meyve eti kuru ağırlığı 1.08 g iken ikinci yıl 0.80 g olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha az meyve eti kuru ağırlığına sahip olmuştur.

Doz x yıl interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.9. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve eti kuru ağırlığına (g) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve eti kuru ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	1.18±0.14 ^{öd}	0.76±0.04	0.97 a**
10	0.89±0.02	0.64±0.13	0.77 b
20	1.13±0.03	0.79±0.06	0.96 a
40	1.01±0.06	0.92±0.17	0.96 a
80	1.16±0.17	0.90±0.07	1.03 a
Ortalama	1.08 a**	0.80 b	DK: %10.07
LSD _(0.05)	Yıl: 0.07	Doz: 0.12	Yıl x Doz:-

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.9. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve eti kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.10. Meyve tohum evi-yaş ağırlığı (g)

Meyve tohum evi-yaş ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, yıl önemsiz, doz çok önemli ($p<0.01$) ve doz x yıl doz etkisi önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl etkisine ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.10'da ve meyve tohum evi-yaş ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.10'da verilmiştir.

En az meyve tohum evi-yaş ağırlığı (0.82 g) kontrol grubunda en fazla ise (1.15 g) 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, belirlenmiştir.

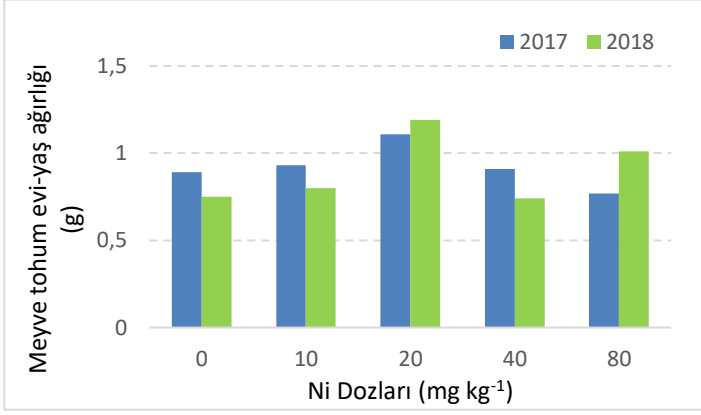
İlk yıl tohum evi-yaş ağırlığı 0.92 g iken ikinci yıl 0.89 g olarak ölçülmüş, ikinci yıl ilk yıldan daha az tohum evi-yaş ağırlığına sahip olmuş ve yıllar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Doz x yıl etkisinde en az meyve tohum evi-yaş ağırlığı ikinci yıl, 0.74 g ile 40 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla meyve tohum evi-yaş ağırlığı ise ikinci yıl 1.19 g ile 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.10. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-yaş ağırlığına (g) etkisi

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve tohum evi-yaş ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	0.89±0.01 cd*	0.75±0.09 d	0.82 b*
10	0.93±0.05bcd	0.80±0.13 d	0.86 b
20	1.11±0.14 ab	1.19±0.28 a	1.15 a
40	0.91±0.07 cd	0.74±0.07 d	0.83 b
80	0.77±0.07 d	1.01±0.02 abc	0.89 b
Ortalama	0.92^{öd}	0.89	DK: %12.66
LSD _(0.05)	Yıl: -	Doz: 0.14	Yıl x Doz: 0.20

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$ ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı



Şekil 3.10. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-yaş ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

3.1.11. Meyve tohum evi-kuru ağırlığı (g)

Meyve tohum evi-kuru ağırlığı varyans analizi sonucuna göre istatistiksel olarak, doz, yıl ve doz x yıl interaksyonu çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Ni dozlarına, yıllara ve doz x yıl interaksyonuna ait ortalamalar ve LSD testi grupları Çizelge 3.11’de ve meyve tohum evi-kuru ağırlığı değişim grafiği Şekil 3.11’de verilmiştir.

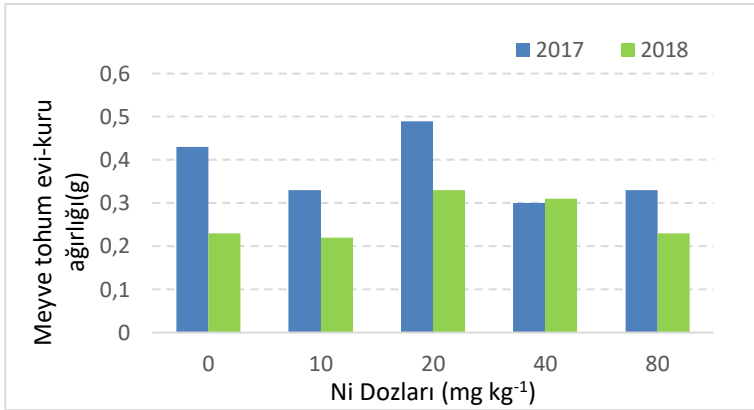
Uygulanan Ni dozları sonucunda en az meyve tohum evi-kuru ağırlığı (0.28 g), 10 ve 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla ise (0.41 g) 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

İlk yıl (2017 yılı) meyve tohum evi-kuru ağırlığı 0.38 g iken ikinci yıl (2018 yılı) 0.27 g olarak ölçülmüştür. Doz x yıl interaksyonunda en az meyve tohum evi-kuru ağırlığı ikinci yıl, 0.22 g ile 10 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında, en fazla meyve tohum evi-kuru ağırlığı ise birinci yıl 0.49 g ile 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 3.11. Ni dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-kuru ağırlığına (g) etkisine ait ortalamalar

Dozlar mg kg ⁻¹ Ni	Meyve tohum evi-kuru ağırlığı (g)		Ortalama (2017 ve 2018)
	2017 yılı	2018 yılı	
0	0.43±0.05 a**	0.23±0.01 c	0.33 b**
10	0.33±0.01 b	0.22±0.01 c	0.28 c
20	0.49±0.02 a	0.33±0.05 b	0.41 a
40	0.30±0.05 b	0.31±0.04 b	0.31 bc
80	0.33±0.04 b	0.23±0.04 c	0.28 c
Ortalama	0.38 a**	0.27 b	DK: %11.22
LSD _(0.05)	Yıl: 0.03	Doz: 0.04	Yıl x Doz: 0.06

*: P<0.05, **: P<0.01 ve öd:önemli değil. LSD testine göre farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır. DK: Değişim Katsayısı

**Şekil 3.11.** Ni dozlarının biber bitkisinin meyve tohum evi-kuru ağırlığına (g) etkisine ait değişim grafiği

Nikel uygulamalarında doz artışı ile bitki başına toplam meyve ağırlığı ve bitki başına toplam meyve sayısı kontrole göre önce artmış daha sonra azalmıştır. Kontrole göre artışlar 10 ve 20 mg kg⁻¹ Ni uygulamalarında görülürken azalışlar 40 ve 80 mg kg⁻¹ Ni uygulamalarında görülmüştür. Ortalama meyve ağırlığı ise kontrol dışında tüm dozlarda kontrole göre aynı azalışı göstermiştir. Nikel elementi bitki tarafından belirli dozlarda olumlu algılanırken belirli dozlarda olumsuz etkilere neden olmuştur. Benzer dozlarda, 5, 10 ve 20 ppm Ni içeren topraklarda yetiştirilen domates (*Solanum*

lycopersicum L.) bitkilerinin büyüme, verim ve meyve kalitesi artmıştır (Brake ve ark., 2004). Besin çözeltilisindeki nikelin artmasıyla domateste oluşan çiçek ve meyve sayısı azalmıştır (Balaguer ve ark., 1998). Domateste 0, 25 ve 50 mM Ni maruziyetinde, 25 mM uygulamasına göre 50 mM konsantrasyonunda daha zararlı etkiler görülmüş ve bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığı artan Ni stresi ile azalma göstermiştir. Ni uygulamaları domates meyve şekil indeksi üzerine bir değişime sebep olmamıştır (Kumar ve ark., 2015). Benzer şekilde çalışmamızda Ni uygulamasının meyve şekil indeksi üzerine olan etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ni uygulamaları sonucu meyve çapı ve meyve şekil indeksi etkilenmezken meyve boyu azalmış ve meyve et kalınlığı artmıştır. Çalışma sonuçlarımızı destekler şekilde, Lahbib ve ark. (2012) biberde (*Capsicum annuum* L.) korelasyon analizleri sonucunda, hem bitki başına verimin hem de plasenta (meyve tohum evi) ağırlığının bitki başına meyve sayısı ile pozitif ilişkili olduğunu, meyve çapı ve meyve et kalınlığının ise meyve boyu ile negatif ilişkili olduğunu bulmuştur; benzer şekilde çalışmamızda Ni uygulaması meyve sayısında önce artış sonra azalış gösterirken meyve tohum evi ağırlığı da önce artış sonra azalış göstermiştir. Meyve eti yaş ve kuru ağırlığı ile meyve tohum evi kuru ağırlığı özelliklerinde Ni uygulamasında net düzenli artış ya da azalış belirlenmemiştir. Domateste kontroller ve bazı düşük Ni uygulamaları arasında meyve biyokütlesi açısından önemli farklılıklar bulunmamıştır (Roccotiello ve ark., 2022). Farklı bir çalışma sonucunda domateste Ni yaş meyve verimini %13 oranında artırmıştır (Macedo ve ark., 2021).

4. SONUÇ

Nikel (Ni) uygulaması dahilinde incelenen meyve özelliklerinde (bitki başına toplam meyve sayısı, bitki başına toplam meyve ağırlığı, ortalama meyve ağırlığı, meyve tohum evi ağırlığı) genel olarak düşük dozlarda (10 ve 20 mg kg⁻¹ Ni) olumlu etki gözlemlenirken yüksek dozlarda (10 ve 20 mg kg⁻¹ Ni) olumsuz etki gözlemlenmiştir.

Bilgi: Bu çalışma Hava Şeyma İNCİ'nin KSÜ Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlamış olduğu doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Balaguer, J., Almendro, M. B., Gomez, I., Navarro Pedreño, J., & Mataix, J. (1993). Tomato growth and yield affected by nickel presented in the nutrient solution. *In International Symposium on Water Quality & Quantity-Greenhouse*, 458 (pp. 269-272).
- Brake, S., Jensen, R., & Mattox, J. (2004). Effects of nickel amended soils on tomato plants. *Plant Soil*, 54, 860-869.
- Doğru, A., Altundağ, H., & Dündar, M. Ş. (2021). Gelişmiş bitkilerde nikel elementinin fizyolojik fonksiyonları ve nikel toksisitesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 33(1), 1-19.
- Gough, L. P., & Severson, R. C. (1976). Impact of point source emissions from phosphate processing on the element content of plants and soils, Soda Springs, Idaho. *In 10. Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health, Columbia, Missouri (USA), 8-10 Jun 1976*. University of Missouri.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace elements in soils and plants. 4th edn CRC Press. Boca Raton.
- Kumar, P., Roupael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2015a). Effect of nickel and grafting combination on yield, fruit quality, antioxidative enzyme activities, lipid peroxidation, and mineral composition of tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(6), 848-860.
- Lahbib, K., Bnejdi, F., & El-Gazzah, M. (2012). Genetic diversity evaluation of pepper (*Capsicum annum* L.) in Tunisia based on morphologic characters. *African Journal of Agricultural Research*, 7(23), 3413-3417.
- Macedo, F. G., Montanha, G. S., Pereira de Carvalho, H. W., & De Melo, W. J. (2021). Nickel influences urease activity and calcium distribution in tomato fruits. *ACS Agricultural Science & Technology*, 1(1), 29-34.
- Neumann, P. M., & Chamel, A. (1986). Comparative phloem mobility of nickel in nonsenescent plants. *Plant Physiology*, 81(2), 689-691.
- Peralta, J. R., Gardea-Torresdey, J. L., Tiemann, K. J., Gomez, E., Arteaga, S., & Rascon, E. (2000). Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plant (*Medicago sativa*) grown in solid media. *Proceedings of 2000 Conference on Hazardous Waste Research*, ss. 135-140.

- Reck, B. K., Müller, D. B., Rostkowski, K., & Graedel, T. E. (2008). Anthropogenic nickel cycle: Insights into use, trade, and recycling. *Environmental Science & Technology*, 42(9), 3394-3400.
- Roccotiello, E., Nicosia, E., Pierdonà, L., Marescotti, P., Ciardiello, M. A., Giangrieco, I., ... & Mariotti, M. (2022). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) accumulation and allergenicity in response to nickel stress. *Scientific Reports*, 12(1), 1-15.
- Rooney, C. P., Zhao, F. J., & McGrath, S. P. (2007). Phytotoxicity of nickel in a range of European soils: Influence of soil properties, Ni solubility and speciation. *E*

BÖLÜM 10
HÜNNAP MEYVESİNİN BESİN İÇERİĞİ VE KULLANIM
ALANLARI

Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567678>

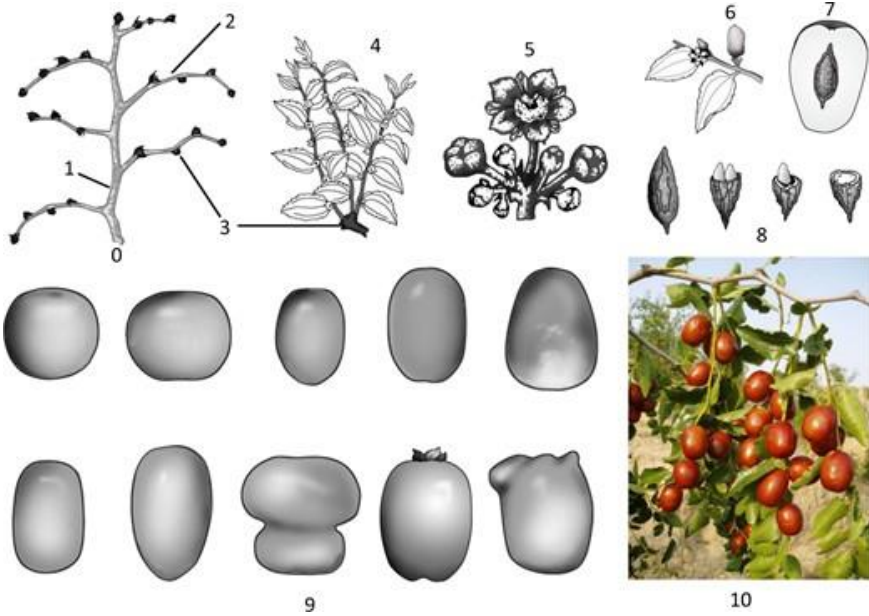
¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye.
sevgisumerli@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-9707-8810

GİRİŞ

Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.), Doğu Asya’da (Çin, Hindistan), Orta Doğu ülkelerinde ve Kuzey Afrika’da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan, tropikal ve subtropikal iklimlere adaptasyonu yüksek olan bir meyvedir. *Rhamnaceae* cinsine ait olup dünyada yaygın olarak bulunan yaklaşık kırk türü olduğu tespit edilmiştir. Ancak, hünnap türlerinin çoğu 4.000 yıldan uzun süredir Çin’e özgü olarak yetiştirilmekte olup 400’den fazla çeşidi mevcuttur. Dahası, Hindistan ve diğer birçok ülke *Ziziphus mauritiana* L. yetiştirirken, bazı Orta Doğu ülkeleri tarafından ise *Ziziphus lotus* L. yetiştirilmektedir. Günümüzde, Rusya, Güney Asya, Güney Avrupa, Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya da dahil olmak üzere dünyanın bir çok bölgesinde hünnap yetiştiriciliğinde artış olduğu gözlemlenmektedir (Al-Saeedi ve ark., 2016, Li ve ark., 2007, Liu ve ark., 2016). Hünnap, yetiştirildiği bölgeye ve/veya tüketime göre farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Çin’de kurutma işleminin ardından “Çin hurması”, “Tsao” veya “kırmızı hurma” olarak, İran ve Hindistan’da “ber” olarak ve Arap ülkelerinde ise “Sedra” olarak bilinir ve yenilebilir meyvesi “Nbeg” veya “Ennab” olarak adlandırılır. (Hasan ve ark., 2014; Najjaa ve ark., 2020).

Çin’den doğrudan veya dolaylı olarak Güney Kore, Kuzey Kore, Japonya, Afganistan, Hindistan, Pakistan, İran, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık ve İtalya dahil olmak üzere 50’den fazla ülkeye hurma ağaçları getirilmiştir (Liu ve ark., 2020). Ancak, Güney Kore hariç, ticari olarak hurma ağaçları yetiştiren tek ülke Çin’dir (Liu, 2000). Günümüzde Çin, dünya çapındaki toplam hurma üretiminin %99’undan fazlasını karşılarken, ikinci en büyük üretim yaklaşık %0,3 ile Güney Kore’denidir (Song ve ark., 2019). 2020 yılında, Çin’deki hurma ağaçları çoğunlukla Sincan, Şensi, Hebei, Şanşi ve Şandong’da yoğunlaşmış olup, bu beş eyalet ülkedeki toplam hurma üretiminin %90’ından fazlasını üretmiştir. Kullanımı ve yetiştirme geçmişi 7000 yıl öncesine yani Neolitik Çağ’a kadar uzanmaktadır (Qu ve ark., 1993; Guo ve ark., 2010). En çok yetiştirilen meyve türlerinden biri olan hünnap, özellikle kurutulmuş meyve olarak Çin’deki yaklaşık 20 milyon çiftçinin ana gelir kaynağıdır (Liu ve ark., 2015; Liu ve Wang 2019). Kuraklığa, çorak ve tuzlu toprağa karşı olağanüstü dayanıklılığı ve uyumluluğu nedeniyle kurak ve yarı kurak iklimlere sahip topraklarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Genellikle, yetiştiriciler erken ürün veren, yüksek ve istikrarlı verime hızla ulaşan, hafif zararlı baskısı, kolay yönetim, düşük yetiştirme maliyetleri ve yüksek ekonomik faydaları olan meyve ağaçlarını tercih eder. Tüketiciler lezzetli ve besleyici olan göze hitap eden meyveleri sever. Pazarlamacılar, üretim alanlarından kolayca taşınabilen, uzun raf ömrüne ve büyük pazarlara sahip meyveleri tercih eder. Hükümet ve toplum, ekolojiye dost, arazi kaynaklarının verimli kullanımına ve marjinal bölgelerdeki kırsal çiftçiler için sosyal ve ekonomik avantajlara daha fazla dikkat eder. Öncelikle hünnap meyvesi, yetiştiricilerin çeşitli ihtiyaçlarını tatmin edici bir şekilde karşılayabilir. Bunun en önemli göstergelerini sıralayacak olursak; dikim veya aşılama ile aynı yılda çiçek açabilir hatta meyve verebilir ve yüksek yoğunluklu bir dikim sistemi altında bir meyve bahçesinin kurulmasından 3-5 yıl sonra yüksek verime ulaşabilir. Geç tomurcuk filizlenmesinden (şeftaliden 20 gün sonra), geç çiçeklenmeden ve 2 aylık çiçeklenme döneminden yararlanan hünnap, geç donlardan ve periyodisite durumundan kaçınır. Yeni sürgün büyümesi olduğunda çiçekleri ayırt etmek sadece 10 gün sürer (Qu ve ark.,1993).



Şekil 1: Hünnap meyvesi farklı organlarının morfolojisi (Liu ve ark., 2020).

0-uyku mevsimindeki çok yıllık sürgün sistemi, 1-birincil sürgün, 2-ikincil sürgün, 3-ana sürgün, 4-meyve veren sürgün, 5-çiçeklenme, 6-geç meyve, 7-olgun meyvenin uzunlamasına kesiti, 8-çekirdek, 9-hünnap meyvelerinin çeşitli şekilleri, 10-meyve veren hünnap ağacı

Çok düşük bir soğuklama ihtiyacı olup, sadece hafif budamaya gereksinim duyar. Meyve veren sürgünler sonbaharda oluşur, ana meyve veren sürgünler yılda sadece 1 mm uzar, ikincil sürgünler her yıl ölür ve sadece birincil sürgünlerin tepeleri uzayabilir (Şekil 1). Hünnap kuraklığa, kısırlığa ve tuzluluğa karşı oldukça dayanıklı, su ve gübreye olan talebi düşüktür (Liu, 2006). Sonuç olarak, hünnap için yetiştirme ve yönetim maliyetleri diğer yaygın meyve ağaçlarına göre önemli ölçüde daha düşüktür.

Günümüzde pazarlanan yaygın hünnap ürünleri arasında kurutulmuş hünnap, şekerlenmiş hünnap, çok aromalı hünnap, hünnap tozu, hünnap ezmesi, hünnap sirkesi, hünnap suyu, hünnap şarabı, hünnap dilimleri, hünnap pigmenti ve hünnap aroması yer almaktadır (Rashwan ve ark., 2020). Hünnap yan ürünleri esas olarak artık hünnap ve hünnap posasından oluşur (Rashwan ve ark., 2020; Wen ve ark., 2019). Hasat edilen hünnap meyvelerinin yaklaşık %15 ila %25'i artık olarak sınıflandırılır (Wen ve ark., 2019); bu da kusurlu, düşük kaliteli, bölünmüş veya hastalıklı meyvelerden oluşur. Son yıllarda 7 milyon tondan fazla kuru hünnap üretilmiştir, bunların tahmini 1,0 ila 1,5 milyon tonu artık hünnap. Hünnap ekim teknolojisindeki gelişmelerle artık hünnap oranı potansiyel olarak %15'in altına düşürülebilir, ancak bu miktar hala önemli olup bunlar hünnap posası, hünnap sirkesi veya şarabı yapıldıktan sonra kalan kalıntıdır (Rashwan ve ark., 2020).

KULLANIM ALANLARI

Hünnap, besin değeri açısından zengin bir gıda olup geleneksel tıpta da uzun bir kullanım geçmişine sahiptir. Kök, gövde, yapraklar, çiçekler ve meyveler de dahil olmak üzere hünnap bitkisinin çeşitli kısımları farmakolojik ajan olarak da kullanılır (Choi ve ark., 2011, Jiang ve ark., 2007). Ancak, meyvenin ana kısmını, biyoaktif bileşiklerin çoğunu da içeren meyvenin kabuk ve posa kısmı olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, hünnap meyvelerinin yüksek oranda askorbik asit, amino asitler, fenolik asitler, triterpenik asitler, saponinler, serebrosidler, flavonoidler, polisakkaritler ve mineral bileşenler dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşikler içerdiğini ortaya koymuştur. Bu fitokonstituentler, antioksidan, antiinflamatuvar, antiobezite, antikardiyovasküler hastalık, hepatoprotektif, antidiyabetik,

antimikrobiyal, antikanser ve gastrointestinal koruyucu etkiler göstererek farklı hastalıkları baskılamak için önemli roller oynarlar (Gowd ve ark., 2020, Xu ve ark., 2019, Feng ve ark., 2019, Shishir ve ark., 2019, Ji ve ark., 2017). Bu nedenle, hünnap tüm dünyada kabul görmüş ve geleneksel olarak değerlendirildiği, fonksiyonel şekillerde kullanma imkanı veren bir gıda olarak tüketilmesi gereken bir üründür. Taze sıkılmış hurma posası olarak tüketilebileceği gibi içecek, reçel, jöle, turşu, likör (İtalya'da brodo di giugiole ve Çin'de baijiu) ve komposto gibi bazı gıda ürünlerinin hazırlanmasında da kullanılabilir. Kurutulmuş posa, kurutulmuş ürünler (Çin hurması, çay, dilimli atıştırmalık, ekmek, kek vb.) gibi gıda endüstrilerinde aktif bileşen olarak da kullanılabilir. Ayrıca, son ürünlerin besin değerini ve kalitesini artırmak için diğer gıdalara/ürünlere eklenebilir (kırmızı hünnap yoğurdu, keçi sütü yoğurdu gibi) (Feng ve ark., 2019, Hasan ve ark., 2014, Krška ve Mishra, 2009; Wojdyło, Figiel, ve ark., 2016). Bu nedenle, hünnap meyvesi, yüksek oranda tüketici tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından faydalı ve ticari karlar elde etmek için fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesinde umut vadeden bir gıda bileşeni olabilir. Bu nedenle, mevcut inceleme hünnap meyvesinin besinsel önemine ve fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesi için potansiyel uygulamasına odaklanmıştır. Bu bağlamda, taze hünnap ve hünnap bazlı gıda ürünlerinin sağlık açısından yararları da bildirilmiştir. Bu nedenle, bu inceleme hem gıda araştırmacılarının hem de endüstriyel bireylerin dikkatini çekebilecek taze hünnap ve hünnap bazlı gıda ürünleri için yararlı bir çalışma olabilir.

HÜNNAP'DAKİ BESİNLER VE AKTİF BİLEŞENLER

Makrobesinler

Genellikle makro besinler, protein, yağ, karbonhidrat, lif ve nem gibi tükettiğimiz gıdalardaki ana besin maddeleridir. Ulusal Araştırma Konseyi'ne göre 1989'da hurma meyveleri zengin bir makro besin kaynağı olduğunu belirtmiştir. Çin hurmasında sekiz temel amino asit de dahil olmak üzere on sekiz çeşit amino asit bulunur. Ek olarak, protein, şeker ve yağ içeriği sırasıyla 3,3 ~ 4,0, 50,3 ~ 86,9 ve 0,2 ~ 0,4 g kg⁻¹ DW (kuru ağırlık) arasında değiştiğini tespit etmiştir (Food ve Board, 1989). Sheng ve ekibi, hünnap'ın %74,08 nem, %0,307 çözünür protein, %18,46 toplam şeker, %27,0 çözünür katı ve %1,37 lif içerdiğini bulmuştur (Sheng ve ark., 2002). Buna karşılık 2007 yılında 5 Çin hünnap'ının çeşidi üzerinde yapılan çalışmada, hünnabın %80,86 ile %85,63 arasında karbonhidrat, %57,61 ile %77,93 arasında şeker, %0,57 ile %2,79 arasında çözünmeyen lif, %5,24 ile %7,18 arasında

çözünmeyen lif, %4,75 ile %6,86 arasında protein, %0,37 ile %1,02 arasında yağ ve %17,38 ile %22,52 arasında nem içerdiğini bildirilmiştir (Li ve ark., 2007). Daha sonra Uddin ve Hussain 2012, hünnap meyvesinin toplam katı madde, nem, toplam çözünebilir katı madde, toplam şeker, protein, yağ ve kül içeriklerinin sırasıyla %17, %83, 8.1 (brix), %6, %1.6, %0.2 ve %0.7 olduğunu ortaya çıkardılar. 2016 yılında 4 İspanyol hünnapı üzerinde yapılan bir araştırma, İspanyol hünnapının nem oranı %78,3-%82,1 toplam şeker %10,8-%19,2 (g 100 mL⁻¹), protein %3,7-%5,8 ve ham lifin %0,7-%1,0 (g 100 g⁻¹) içerdiğini ortaya koymuştur (Hernández ve ark., 2016). Choi ve çalışma arkadaşlarının iki Kore hünnapı üzerinde yaptığı başka bir çalışmada, taze Kore hünnapının nem, ham protein, ham yağ, ham kül ve diyet lifi içeriklerinin sırasıyla 71,46 ila 72,90, 1,37 ila 1,71, 031 ila 033, 0,71 ila 1,11 ve 2,92 ila 4,16 (g/100 g FW (taze ağırlık) arasında değiştiği, kurutulmuş hurmanın ise sırasıyla 23,77 ila 33, 4,61 ila 5,32, 0,52 ila 0,65, 1,68 ila 2,17 ve 7,54 ila 10,77 arasında değiştiği bildirilmiştir (Choi ve ark., 2016). Chen ve grubu tarafından üç Çin hünnapı üzerinde yapılan çalışmada, hünnap meyvesinin nem içeriğinin , toplam diyet lifi, protein ve toplam şekerin sırasıyla 64,31 - 76,50, 4,85-7,32, 1,87-3,97 g/100 g ve %28,68 - %31,7 (FW) arasında değiştiğini ortaya koydular (Chen ve ark., 2019). Bu çalışmalar, hünnap meyvelerinin büyük miktarda makro besin içerdiğini ve içeriklerin konuma, çeşitlere ve tespit yöntemine bağlı olarak değiştiğini doğrulamıştır.

Mikrobesinler

Mikronutrientler, gıdalarda az miktarda bulunan ve genellikle mineraller ve vitaminler olarak belirtilen önemli maddelerdir. Mikronutrientler, sağlıklı büyüme ve gelişme ile hastalıkların önlenmesi için hayati önem taşıyan elementlerdir. Önceki çalışmalar, hünnap meyvelerinin vitaminler, makroelementler (N, P, K, Mg, Ca vb.) ve mikronutrient kaynağı olduğunu göstermiştir (Chen ve ark., 2019, Choi ve ark., 2016). Sheng'in ekibi, Çin kış hünnap meyvesinin yaklaşık 379,4 (mg/100 g) oranında daha yüksek C vitamini içeriğine sahip olduğunu ve bunun elmadan yaklaşık 80 ila 100 kat daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Öte yandan, hünnap meyvesinin fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, manganez, bakır, çinko ve sodyum gibi mineralleri orta düzeyde içerdiğini de bulmuşlardır (sırasıyla yaklaşık 34,2, 298, 15,2, 14,7, 1,99, 0,16, 0,073, 0,16 ve 15,2 mg/100 g) (Sheng ve ark., 2002). Buna ek olarak, Li ve ark., 2007'de askorbik asit (192–359 mg/100 g), tiamin (0,04–0,08 mg/100 g) ve riboflavin (0,05–0,09 mg/100 g) gibi beş Çin hünnap çeşidindeki mikro besin aralığını değerlendirmişlerdir.

Çalışmalarına göre, hünnap çeşitlerindeki mineral içeriklerinin aralığı (mg/100 g FW) şu şekildedir: potasyum içerikleri (79,2 ila 458, fosfor 59,3 ila 110, kalsiyum 45,6 ila 118, manganez 24,6 ila 51,2, demir 4,68 ila 7,90, sodyum 3,22 ila 7,61, çinko 0,35 ila 0,63 ve bakır 0,19 ila 0,42. Öte yandan, bir başka çalışmada, seçilmiş dört ümit verici hünnap genotipinde mikro element içeriğinin aralığını (mg/100 g DW) sodyum 170 ila 506,67, potasyum 314,67 ila 420, fosfor 27,13 ila 30,20, kalsiyum 79.33 ila 121.33, magnezyum 15.77 ila 20.87, demir 0.67 ila 1.43, sodyum 6.07 ila 9.50, manganez 0.10 ila 0.20, çinko 0.53 ila 1.27 ve bor 0.80 olarak ortaya koymuşlardır (San ve ark., 2009). Hünnap meyvesi yaklaşık %71.92 oranında azotsuz ekstrakt ve sırasıyla yaklaşık %72.14 ve 899.82 mg/100 g kalsiyum ve potasyum içerdiği belirtilmiştir (Kim ve ark., 2011). İspanyol hünnap çeşitlerinde (4 çeşit), C vitamini içeriğinin aralığının 0.41–0.64 (g 100 mL⁻¹) olduğu, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum gibi makro element içeriğinin aralığının ise 11,9–17,3, 0,23–0,72, 0,40–0,77 ve 0,11–0,43 g kg⁻¹ DW olduğu ve ayrıca, demir, çinko, bakır ve manganez gibi mikro element içeriğinin aralığı sırasıyla 10,2–17,1, 4,0–5,1, 0,5–1,2 ve 0,2–2,9 (mg kg⁻¹ DW) olarak tespit etmişlerdir (Hernández ve ark., 2016). Kore hünnabında (iki çeşit), C vitamini içeriği 29 ~ 37.67 mg/100 g taze ağırlık arasında ve kalsiyum, fosfor ve demir gibi mineral içeriği sırasıyla 11.58 ila 14.69, 32 ila 29.83 ve 0.3 mg/100 g taze ağırlık arasında değiştiğini belirtmişler (Choi ve ark., 2016). Üç Çin hünnap çeşidindeki C vitamini içeriğinin 162.50 ila 244.58 mg/100 g taze ağırlık arasında değiştiğini gösterdi (Chen ve ark., 2019). Özetle, hünnap meyvesinin potansiyel bir mikro besin kaynağı olduğu ortaya konulmuştur.

Biyoaktif Bileşikler

Hünnap meyvesi, polifenoller, triterpenik asitler, polisakkaritler, nükleozidler ve nükleobazlar dahil olmak üzere biyoaktif bileşenler için harika bir kaynak olarak kabul edilir. Hünnap bu nedenle zengin fonksiyonel gıda kaynaklarından biri olarak kabul edilir (Wojdyło ve ark., 2016). Örneğin hünnap meyvesinin posasında toplam fenolik madde 1,1 ila 2,4 g/100 g DW arasında ve flavonoid içeriği 0,7 ila 1,8 g/100 g DW arasında değişmektedir. Dahası, hünnap meyveleri epikateşin, prosiyanidin B2, kuersetin -3-*O*-rutinosid, kuersetin-3-*O*-galaktozid, kaempferol-glukozil-ramnozid gibi çeşitli flavonoid bileşikleri içeriyordu (Choi ve ark., 2011). Dört İspanyol hünnap çeşidinde 25 polifenolik bileşik bulunduğu ve toplam polifenol içeriğinin 1442 ila 3432 mg/100 g (DW) arasında değiştiği bildirilmiş olup İspanyol hünnabı içerisinde toplam 10 flavan-3-ol, 13 flavonol, 1 flavanon ve 1

dihidroalkon tespit edilmiştir. Flavan-3-ol, hurmanın polifenollerinin önemli bir grubu olup, toplam polifenol içeriğinin yaklaşık %92'sini temsil ederken, flavonoller sadece yaklaşık %8'ini temsil etmektedir (Wojdyło ve ark., 2016). Umman hurma meyvesinde, toplam polifenol ve flavonoid içeriği sırasıyla 16,93 ila 187,51 mg/g ve 0,29 ila 27,43 µg/g arasında değişmektedir (Al-Saedi ve ark., 2016). Nova Kachovka'dan (Ukrayna) 15 hünnap meyvesi genotipi üzerinde yapılan bir çalışma, toplam polifenol, flavonoid ve karotenoid içeriğinin sırasıyla 8,76 ila 21,61 mg GAE (gallik asit eşdeğeri) / g, 1,49 ila 11,57 µg QE (kuersetin eşdeğeri) / g ve 1,53 ila 14,31 µg/g (DW) arasında değiştiğini göstermiştir (Ivanišová ve ark., 2017). Hünnap düşük miktarda triterpenik asit, nükleozit ve nükleobaz içerir. Guo ve ark., 2015'nin yaptığı çalışma, hünnap meyvesinin altı büyüme aşamasındaki toplam triterpenik asitlerin 166- 6126 (µg/g DW) arasında değiştiğini, toplam nükleozit ve nükleobaz içeriklerinin ise 253- 481 (µg/g DW) arasında değiştiğini bildirdi. Ek olarak, hünnap meyvesindeki triterpenik asit içeriği (mg/100 g, DW) 222,33 ve toplam nükleozit ve nükleobaz içeriği (µg/g, DW) 509,59 olduğunu bildirmişlerdir. Taze hünnap meyvelerinde, 3 Çin hünnap çeşidinin titrasyon asit içeriği %1,98 ila %3,12 FW arasında, cAMP 20,35 ila %87,5 (µg/g FW) arasında ve toplam flavonoidler 41,21 ila %62,72 (mg/g FW) arasında değişiyordu (Chen ve ark., 2019). Öte yandan, polisakkarit, hünnap meyvesinin minör biyoaktif bileşiklerinden biridir. Zhan ve arkadaşları, Çin hünnap meyvesindeki peptik polisakkaritin (ZJP) ortalama moleküler ağırlığının galakturonik asitten oluşan 153,3 kDa olduğu ve ZJP'nin bağlantı tipi, metilasyon yoluyla 1,4-bağlı D-GalpA olarak belirtildi (Zhan ve ark., 2018). Başka bir çalışmada, hünnap meyvesindeki asidik polisakkaritlerin esas olarak moleküler ağırlığı 9.37 kDa olan ramnoz, galaktoz ve galakturonik asit olduğu ve omurgasının 1,3- β-D-Galp, 1,3,5-bağlı Araf, 1,2,4-α-L-Rhap yan zincirleri ve 1-bağlı Araf, 1-bağlı Rhap, 1-bağlı Galp terminalleri olan 1,4- α -D-GalAp'den oluşabileceği bildirilmiştir (Lin ve ark., 2019). Son zamanlarda yapılan bir çalışma, hünnap meyvesinden elde edilen maksimum ham polisakkarit veriminin %7,9 olduğunu doğrulamıştır. Araştırmalarına göre, hünnap polisakkaritinin ana bileşenleri arabinoz, galaktoz, glikoz, mannoz, ramnoz ve galakturonik asittir. Ayrıca, metilasyon ve NMR spektroskopisi kullanılarak yapılan yapı analizi, hünnap polisakkaritindeki ana zincirin (1 → 4)-α-D-GalAp, (1 → 2,4)-α-L-Rhap ve (1 → 4,6)- α -D-Galp dalları olduğunu göstermiştir (Liu ve ark., 2020).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hünnap, fonoller, C vitamini, polisakkaritler, diyet lifleri, demir açısından zengin, mineral ve doğal antioksidan gibi bağışıklığı güçlendiren, yüksek oranda biyoaktif bileşikler içeren besleyici bir üründür. Taze olarak severek tüketilmesinin yanı sıra hünnap, raf ömrü kısa olan bir meyve olup bu meyveyi işleyerek, diğer ürünlere dönüştürerek farklı şekilde değerlendirilmesi, uzun süre kullanılmasına imkan sağlar. Hünnap tozu, hünnap sirkesi ve fermente edilmiş hünnap suyunun ardından en iyi hünnap ürünü olarak kabul edilir. Çünkü hünnap tozu bir çok farklı gıda ürünlerinde kullanılabilmeyle beraber, toz formunda iken uzun süre bozulmadan saklanabilmesi de sağlanabilmektedir. Aynı zamanda, SMIR, MVFD, MVP ve VFD genellikle iyi kalitede kurutulmuş hünnap (hünnap tozu) üretmek için kurutma yöntemleri olarak kullanılır. Mevcut çalışmalara dayanarak, hünnap ürünleri iyi antioksidan, antiobezite ve antitümör aktivitesine sahip olabilir. Sonuç olarak, bu ürünler fonksiyonel gıda olarak tüketilebilir. Taze hünnap çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğundan, hünnap ürünlerinin sağlık geliştirici etkisini araştırmak için klinik tabanlı çalışma da dahil olmak üzere daha fazla biyolojik çalışma önerilmektedir. Bunun yanı sıra hünnap meyvesinin farklı formlarda ürünlere dönüştürülüp, kullanılırken toksisite yaratmaması, sağlık ve güvenlik açığının oluşturulmaması için gerekli çalışmaların ve incelemelerin yapılması da gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Al-Saeedi, A.H., Al- Ghafri, M.T.H., Hossain, M.A. (2016). Comparative evaluation of total phenols, flavonoids content and antioxidant potential of leaf and fruit extracts of Omani *Ziziphus jujuba* L Pacific Science Review A: *Natural Science and Engineering*, 18, pp. 78-83,
- Choi, S. H., Ahn, J. B., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2011). Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(12), 6594-6604.
- Choi, S. Y., Yoon, B. R., & Kim, S. S. (2016). Characteristics and nutritional compositions of two jujube varieties cultivated in Korea. *Korean Journal of Food Preservation*, 23(1), 127-130.
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y. Wang, Y. Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp *Food Chemistry*, 277
- Food, U., Board, N. (1989). Recommended dietary allowances *National Academy of Sciences/National Research Council Report and Circular Series*, p. 115
- Gowd, V., Karim, N., Xie, L., Shishir, M. R. I., Xu, Y., & Chen, W. (2020). In vitro study of bioaccessibility, antioxidant, and α -glucosidase inhibitory effect of pelargonidin-3-O-glucoside after interacting with beta-lactoglobulin and chitosan/pectin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 380-389.
- Guo, S., Duan, J. A., Zhang, Y., Qian, D., Tang, Y., Zhu, Z., & Wang, H. (2015). Contents changes of triterpenic acids, nucleosides, nucleobases, and saccharides in jujube (*Ziziphus jujuba*) fruit during the drying and steaming process. *Molecules*, 20(12), 22329-22340.
- Guo, Y & Shan, G. (2010). *The Chinese Jujube* (Shanghai Scientific and Technical Publishers).
- Hasan, N., Al Sorkhy, M., & Al Battah, F. (2014). *Ziziphus jujube* (ennab) of the middle east, food and medicine. *Unique Journal of Ayurvedic and Herbal Medicines*, 2, 7-14. Available online: www.ujconline.net.
- Hernández, F., Noguera-Artiaga, L., Burló, F., Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Legua, P. (2016). Physico-chemical, nutritional, and volatile composition and sensory profile of Spanish jujube

- (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8), 2682-2691.
- Ivanišová, E., Grygorieva, O., Abrahamova, V., Schubertova, Z., Terentjeva, M., & Brindza, J. (2017). Characterization of morphological parameters and biological activity of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Journal of Berry Research*, 7(4), 249-260.
- Ji, X., Peng, Q., Yuan, Y., Shen, J., Xie, X., & Wang, M. (2017). Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. *Food chemistry*, 227, 349-357.
- Jiang, J. G., Huang, X. J., Chen, J., & Lin, Q. S. (2007). Comparison of the sedative and hypnotic effects of flavonoids, saponins, and polysaccharides extracted from Semen *Ziziphus jujube*. *Natural Product Research*, 21(4), 310-320.
- Kim, I.-H., Jeong, C.-H., Park, S.-J., & Shim, K.-H. (2011). Nutritional components and antioxidative activities of jujube (*Zizyphus jujuba*) fruit and leaf. *Korean Journal of Food Preservation*, 18, (pp. 341-348)
- Krška, B. and Mishra, S. (2009). Sensory Evaluation of Different Products of *Ziziphus Jujuba* Mill. *ISHS Acta Horticulturae* 840, (pp. 557-562) doi: 10.17660/ActaHortic.2009.840.80.
- Li, J. W., Fan, L. P., Ding, S. D., & Ding, X. L. (2007). Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food chemistry*, 103(2), 454-460.
- Li, J. W., Fan, L. P., Ding, S. D., & Ding, X. L. (2007). Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food chemistry*, 103(2), 454-460.
- Lin, X., Ji, X., Wang, M., Yin, S., & Peng, Q. (2019). An alkali-extracted polysaccharide from *Zizyphus jujuba* cv. Muzao: Structural characterizations and antioxidant activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, (pp. 607-615) <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.117>
- Liu, D., Ye, X., & Jiang, Y. (2016). *Chinese dates: a traditional functional food*: CRC Press.
- Liu, M et al. Historical achievements and frontier advances in the production and research of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) in China. *Acta Hort. Sin.* (2015) 42, 1683–1698.
- Liu, M, Wang, J. Fruit scientific research in new China in the past 70 years: Chinese jujube. *J. Fruit. Sci.* (2019) 36, 1369–1381.

- Liu, M. Chinese jujube: botany and horticulture. *Hortic. Rev.* (2006) 32, 229–298.
- Liu, M. The present status, problems and countermeasures of Chinese jujube production. *Rev. China Agric. Sci. Technol.* 2000, 2, 76–80.
- Liu, M.; Wang, J.; Wang, L.; Liu, P.; Zhao, J.; Zhao, Z.; Yao, S.; Stănică, F.; Liu, Z.; Wang, L.; et al. The historical and current research progress on jujube—a superfruit for the future. *Hortic. Res.* 2020, 7, 119.
- Liu, X. X., Liu, H. M., Yan, Y. Y., Fan, L. Y., Yang, J. N., Wang, X. D., & Qin, G. Y. (2020). Structural characterization and antioxidant activity of polysaccharides extracted from jujube using subcritical water. *Lwt*, 117, 108645.
- Najjaa, H., Ben Arfa, A., Elfalleh, W., Zouari, N., & Neffati, M. (2020). Jujube (*Zizyphus lotus* L.): Benefits and its effects on functional and sensory properties of sponge cake. *PloS one*, 15(2), e0227996.
- Qu, Z & Wang, Y. Chinese Fruit Trees Record-Chinese Jujube (China Forestry Publishing House, 1993).
- Rashwan, A.K.; Karim, N.; Shishir, M.R.I.; Bao, T.; Lu, Y.; Chen, W. (2020). Jujube fruit: A potential nutritious fruit for the development of functional food products. *J. Funct. Foods*, 75, 104205.
- San, B., Yıldırım, A.N., Polat, M., Yıldırım, F. (2009). Mineral composition of leaves and fruits of some promising jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) genotypes *Asian Journal of Chemistry*, 21, pp. 2898-2902
- Sheng, J., Yunbo, L., & Lin, S. (2002). Storage of Chinese winter jujube fruit. In *XXVI International Horticultural Congress: Asian Plants with Unique Horticultural Potential: Genetic Resources, Cultural* 620 (pp. 203-208).
- Shishir, M. R. I., Karim, N., Gowd, V., Xie, J., Zheng, X., & Chen, W. (2019). Pectin-chitosan conjugated nanoliposome as a promising delivery system for neohesperidin: Characterization, release behavior, cellular uptake, and antioxidant property. *Food Hydrocolloids*, 95, 432-444.
- Song, L.; Meinhardt, L.W.; Bailey, B.; Zhang, D. (2019). Genetic improvement of Chinese jujube for disease resistances: Status, knowledge gaps and research needs. *Crop Breed. Genet. Genom.*, 1, e190015.
- Uddin, M. B., & Imtiaz Hussain, I. H. (2012). Development of diversified technology for Jujube (*Zizyphus jujuba* L.) processing and preservation.

- Wen, X.; Tang, X.; Zhang, S.; Wang, Y.; Song, Z.; Zhang, Y. (2019). Effect of jujube residue on apparent nutrient digestibility, blood biochemical indexes and fattening performance of beef cattle. *Heilongjiang Anim. Sci. Vet. Med.*, 10, 124–127.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á.A., Hernández, F. (2016). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method, *Food Chemistry*, 207, pp. 170-179,
- Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á.A., Legua, P., Hernández, F. (2016). Phenolic composition, ascorbic acid content, and antioxidant capacity of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits, *Food Chemistry*, 201, pp. 307-314,
- Xu, Y., Xie, L., Xie, J., Liu, Y., & Chen, W. (2019). Pelargonidin-3-O-rutinoside as a novel α -glucosidase inhibitor for improving postprandial hyperglycemia. *Chemical Communications*, 55(1), 39-42.
- Zhan, R., Xia, L., Shao, J., Wang, C., & Chen, D. (2018). Polysaccharide isolated from Chinese jujube fruit (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao) exerts anti-inflammatory effects through MAPK signaling. *Journal of Functional Foods*, 40, 461-470.
- speciation. *E*

BÖLÜM 11

BALARILARININ BAHÇE BİTKİLERİNİN VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet İLKAYA

Öğr. Gör. Abdurrahman ŞİMŞEK

Öğr. Gör. Zeynep ASUTAY¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567682>

¹Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi / Zootekni Ve Hayvan Besleme, Bingöl, Türkiye.

Orcid: 0000-0002- 1797-144X, milkaya@bingol.edu.tr

²Arıcılık Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi / Rektörlük.Orcid:0000-0001-58448471, simsek33K@hotmail.com

³Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Arıcılık Programı Bitlis,

Orcid: 0000-0002-5854-1040, zasutay@beu.edu.tr

GİRİŞ

Bal arıları (*Apis mellifera*), hem doğal ekosistemlerde hem de tarımsal sistemlerde en önemli tozlaşma ajanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Tarımsal üretimin yaklaşık %75'inin tozlaşmaya bağlı olduğu tahmin edilmektedir (Klein ve ark., 2007). Tozlaşma, bitki türlerinin genetik çeşitliliğini artırarak, daha güçlü ve dayanıklı bitkilerin gelişmesine olanak sağlar. Bu durum, özellikle bahçe bitkileri için büyük bir önem taşımaktadır. Sebzeler, meyveler ve çeşitli baharatlar gibi birçok bahçe bitkisi, arıların gerçekleştirdiği tozlaşma süreci sayesinde daha verimli hale gelmektedir (Rader ve ark., 2016). Bu bölümde, bal arılarının bahçe bitkilerindeki verimliliği nasıl etkilediği detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Bal arıları (*Apis mellifera*), tarımsal üretimde önemli bir yere sahip olup, hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük bir değer taşımaktadır. Arılar, bitkilerin üreme sürecinde kritik bir rol oynar ve özellikle çiçekli bitkilerin tozlaşmasını sağlarlar. Bu süreç, bitki türlerinin hayatta kalmasını sağlarken, aynı zamanda tarımsal üretimin sürekliliğini de destekler. Tarımsal üretimde bal arılarının sağladığı tozlaşma hizmetleri, bahçe bitkilerinin verimliliğini artırmada hayati öneme sahiptir. Tarım ve Gıda Örgütü'nün (FAO) verilerine göre, dünya çapında yetiştirilen mahsullerin yaklaşık üçte biri hayvan tozlaşmasına bağlıdır ve bu oran içerisinde bal arıları en yaygın ve verimli tozlaşma ajanı olarak öne çıkar (FAO, 2019).

Bahçe bitkileri, genellikle yüksek kalite ve miktarda ürün elde etmek için entansif tarım uygulamalarına tabi tutulurlar. Ancak doğal tozlayıcıların eksikliği veya azalması, bu bitkilerin verimliliğini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle bal arıları, sebze, meyve ve çiçek gibi bahçe bitkilerinin hem miktar hem de kalitesini artırarak, çiftçilere ve üreticilere önemli ekonomik faydalar sağlar (Aizen ve Harder, 2009). Aynı zamanda, arıların gerçekleştirdiği tozlaşma, bitkilerde genetik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunur ve bu durum uzun vadede bitkilerin hastalıklara karşı daha dirençli olmasını sağlar.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, bal arılarının verimli bir tozlaşma süreci sağlayarak özellikle meyve ve sebzelerde ürün kalitesini artırdığını göstermektedir (Garibaldi ve ark., 2013). Arıların tozlaşma sürecine katkısı, meyve büyüklüğü, şekli, rengi ve dayanıklılığı gibi kalite faktörlerini doğrudan etkiler. Özellikle ticari anlamda yetiştirilen elma, çilek, domates gibi meyve ve sebzelerde, arılar tarafından gerçekleştirilen tozlaşma işlemi, pazar

değeri yüksek ürünlerin elde edilmesine olanak tanır. Buna ek olarak, bahçe bitkilerinin tozlaşma bağımlılığı, tarımın sürdürülebilirliği açısından da dikkate değerdir.

Bu bağlamda, bal arılarının bahçe bitkilerinde verimliliği artırma potansiyeli üzerine yapılan araştırmalar, tarım ekonomisinde önemli bir etkiye sahip olduğu gibi, ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde devamlılığını sağlamak için de büyük önem taşımaktadır. Ancak, arı popülasyonlarının çeşitli çevresel ve insan kaynaklı faktörler nedeniyle azaldığı göz önüne alındığında, bu ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve geleceği de tartışmaya açıktır (Potts ve ark., 2010).

Bal arıları (*Apis mellifera*), tarım ve ekosistemler için kilit tozlayıcılar arasında yer almakta olup, biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve tarımsal üretimin artırılmasında büyük bir rol oynamaktadır. Arılar, tozlaşmaya dayalı bitkisel üretim süreçlerinde önemli katkılar sağlarlar. Özellikle meyve, sebze ve çiçek yetiştiriciliğinde arılar tarafından yapılan tozlaşma, bitkilerin meyve tutum oranını, tohum verimliliğini ve meyve kalitesini doğrudan etkiler (Klein ve ark., 2007). FAO'nun (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) tahminlerine göre, dünya genelinde gıda üretiminin üçte biri hayvan tozlayıcılara bağımlıdır ve bu oran içerisinde en büyük pay bal arılarına aittir (FAO, 2019). Bal arıları, yalnızca tarımsal üretimi artırmakla kalmaz, aynı zamanda ekosistem sağlığı için de vazgeçilmez bir unsur olarak değerlendirilir.

Bahçe bitkileri, sebze ve meyve gibi yüksek katma değere sahip ürünlerin başında gelmektedir. Bu bitkilerin çoğu, başarılı bir tohumlama ve meyve tutumu süreci için tozlaşmaya ihtiyaç duyar. Bal arıları, bahçe bitkilerinde bu tozlaşma görevini üstlenerek, bitki üretiminin sürdürülebilirliğini destekler. Örneğin elma, çilek, domates, kabak, salatalık gibi ürünler, bal arılarının etkin tozlaşma faaliyetleri sayesinde daha verimli ve kaliteli meyveler verirler. Bu bitkilerde bal arılarının tozlaşma katkısı, ürünlerin boyutunu, şeklini, dayanıklılığını ve ticari değerini artırır (Rader ve ark., 2016). Bu, sadece çiftçiler ve üreticiler için ekonomik kazanç sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir tarımın da temel taşlarından biri haline gelir.

Ancak, son yıllarda dünya genelinde bal arısı popülasyonlarında ciddi düşüşler gözlemlenmiştir. Pestisit kullanımı, habitat kaybı, hastalıklar ve iklim değişikliği gibi faktörler, arı popülasyonlarını tehdit etmektedir (Potts ve ark.,

2010). Bu durum, tarımsal üretimdeki verimlilik ve kaliteyi doğrudan etkileyebilir. Bu bağlamda, bal arılarının tozlaşma hizmetlerinin tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak, hem tarımsal sürdürülebilirlik hem de ekosistem sağlığı açısından hayati bir önem taşır. Bu çalışmada, bal arılarının bahçe bitkilerindeki verimliliğe olan etkisi detaylı bir şekilde incelenmekte ve bu konudaki güncel araştırmalar değerlendirilmektedir.

Bal Arılarının Tozlaşma Mekanizması

Bal arıları, çiçeklerden nektar toplarken aynı zamanda çiçeklerin erkek organlarından dişi organlarına polen taşır. Bu süreç, bitkinin döllenmesini ve meyve üretimini mümkün kılar. Tozlaşma, meyve ve tohum gelişimi için hayati öneme sahiptir. Bal arıları, özellikle mono kültür tarım alanlarında etkin bir şekilde çalışır ve bahçe bitkilerinde verimliliği önemli ölçüde artırır (Garibaldi ve ark., 2013). Özellikle domates, kabak, çilek gibi bitkilerde verimlilik, arıların tozlaşma etkinliği ile doğrudan ilişkilidir.

Bahçe Bitkileri Üzerindeki Ekonomik ve Ekolojik Etkiler

Bal arılarının bahçe bitkilerinde verimliliği artırması, tarımsal ekonomiye de büyük katkı sağlar. 2012'de yapılan bir araştırmaya göre, küresel tozlaşma hizmetlerinin ekonomik değeri yılda 200 ila 300 milyar ABD doları arasında değişmektedir (Potts ve ark., 2016). Bu rakamlar, bahçe bitkilerinin arıların tozlaşma faaliyetlerinden nasıl faydalandığını açıkça göstermektedir. Ayrıca, bal arıları sadece tarımsal üretimi artırmakla kalmaz, aynı zamanda ekosistem sağlığına da katkıda bulunur. Bahçe bitkileri arasındaki biyolojik çeşitlilik, arıların daha fazla bitki türüne toz taşımaya olanak sağlar ve bu da hem bitki türleri hem de arı kolonileri için yararlıdır (Gallai ve ark., 2009).

Bahçe Bitkilerinde Verimlilik Artışı

Bal arılarının tozlaşma sürecindeki etkinliği, bahçe bitkilerinde ürün miktarı ve kalitesinde gözle görülür bir artışa yol açmaktadır. Çiçeklenme döneminde arıların çiçeklerle etkileşime girmesi, daha fazla tohum oluşmasına ve daha kaliteli meyvelerin ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin, elma ağaçlarının bal arıları tarafından tozlaşması, daha büyük ve daha kaliteli elmaların elde edilmesini sağlamaktadır (Free, 1993). Ayrıca, arıların etkili tozlaşması, bitkilerin meyve tutum oranını da artırır. Birçok bahçe bitkisi için, düzgün bir tozlaşma olmadan düşük kaliteli veya hiç meyve oluşmaz.

Domates ve kabak gibi bahçe bitkileri de bal arılarının tozlaşma hizmetlerinden önemli ölçüde yararlanır. Bal arıları tarafından tozlanan domates bitkilerinde hem meyve büyüklüğünde hem de genel ürün kalitesinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir (Greenleaf ve Kremen, 2006). Çilek gibi bitkilerde, daha fazla tozlaşma, homojen ve büyük meyvelerin gelişmesine katkıda bulunur (Klatt ve ark., 2014).

Bal Arısı Popülasyonundaki Azalma ve Bahçe Bitkilerine Etkileri

Bal arılarının popülasyonunda son yıllarda gözlemlenen düşüş, tozlaşmaya dayalı tarım sistemlerinde ciddi tehditler yaratmaktadır. Arı kolonisi çöküş sendromu (Colony Collapse Disorder, CCD) gibi faktörler, bal arısı popülasyonlarını tehlikeye atmaktadır (VanEngelsdorp ve ark., 2009). Bu durum, özellikle bahçe bitkileri gibi yüksek düzeyde tozlaşmaya bağımlı ürünlerin verimliliğini tehlikeye sokmaktadır. Arıların eksikliği, bu bitkilerde düşük verimlilik ve kaliteye neden olmakta, bu da hem çiftçilerin hem de tüketicilerin ekonomik olarak zarar görmesine yol açmaktadır (Potts ve ark., 2010).

Buna ek olarak, pestisit kullanımı, habitat kaybı ve iklim değişikliği gibi faktörler de bal arılarının popülasyonunu olumsuz etkilemektedir. Pestisitlerin yanlış kullanımı, arıların sinir sistemini etkileyerek, tozlaşma etkinliklerini ve yaşam sürelerini azaltmaktadır (Henry ve ark., 2012). Bu da, bahçe bitkilerinin tozlaşma oranlarını düşürmekte ve sonuç olarak bitkisel üretimde düşüşe neden olmaktadır.

Çözüm Önerileri ve Gelecekteki Araştırmalar

Bal arılarının bahçe bitkilerinde verimliliği artırıcı rolünü koruyabilmek için çeşitli koruma stratejileri geliştirilmelidir. Pestisit kullanımının kontrol altına alınması, arılar için daha güvenli habitatlar yaratılması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi bu bağlamda önem arz etmektedir (Goulson ve ark., 2015). Ayrıca, bal arısı popülasyonlarını artırmaya yönelik araştırmalar, tarım sektörünün sürdürülebilirliği için büyük bir öneme sahiptir.

Gelecekte yapılacak araştırmalar, farklı arı türlerinin bahçe bitkilerindeki tozlaşma etkinlikleri üzerindeki etkisini de incelemelidir. Özellikle yerel arı türlerinin, farklı bahçe bitkilerinde nasıl bir rol oynadığını anlamak, hem tarımsal hem de ekolojik anlamda büyük fayda sağlayacaktır.

(Winfrey ve ark., 2009). Ayrıca, arıların karşı karşıya kaldığı tehditler ve bu tehditlerle başa çıkma yolları üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır.

Bal Arılarının Tozlaşma Sürecindeki Rolü

Bal arıları, çiçeklerden nektar ve polen toplarken aynı zamanda bitkiler arası polen transferini gerçekleştirirler. Bu süreç, bitkilerin erkek organlarından (anter) dişi organlara (stigma) polen taşınması ile döllenmenin gerçekleşmesini sağlar. Bahçe bitkilerinde bu döllenme süreci, meyve ve tohum oluşumunun temelini oluşturur. Arıların bitkiler üzerinde yaptığı bu biyolojik işlem, "hayvan tozlaşması" olarak bilinir ve bitkilerde tozlaşma etkinliğinin en yüksek olduğu yöntemlerden biridir (Free, 1993).

Çeşitli bahçe bitkilerinde, tozlaşma süreci bitkinin verimliliğini belirleyen başlıca faktörlerden biridir. Domates, elma, çilek, kabak, armut gibi pek çok bitki türü, arıların tozlaşma hizmetlerine bağımlıdır. Özellikle domates gibi bazı bitkiler, "titreşimli tozlaşma" (buzz pollination) adı verilen bir mekanizma ile döllenir ve bu mekanizma, bal arılarının kanat çırparken oluşturduğu titreşimler sayesinde gerçekleşir (Greenleaf ve Kremen, 2006). Arıların bu tür bitkilere yaptığı katkı, ürünlerin hem miktarını hem de ticari değerini önemli ölçüde artırır.

Bahçe Bitkilerinde Bal Arılarının Ekonomik Katkısı

Bal arılarının tozlaşma hizmetleri, yalnızca ekosistemlerdeki biyolojik döngülere katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda tarım ekonomisine de doğrudan etki eder. 2012 yılında yapılan bir araştırmaya göre, dünya genelinde tozlayıcı hayvanların tarımsal üretime sağladığı ekonomik katkı, yılda 200 ila 300 milyar dolar arasında değişmektedir (Potts ve ark., 2016). Bu rakamlar, arıların yalnızca doğal ekosistemler için değil, aynı zamanda tarımsal üretim ve küresel ticaret için ne kadar önemli bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Bahçe bitkilerinde bal arılarının katkıları, çiftçilerin elde ettiği toplam ürün miktarını artırarak ekonomik fayda sağlar. Örneğin elma bahçelerinde, bal arılarının etkin tozlaşma hizmeti sayesinde daha büyük, daha dolgun ve ticari olarak daha değerli elmalar yetiştirilmektedir (Free, 1993). Aynı durum çilek, armut ve kiraz gibi diğer meyve ağaçlarında da geçerlidir. Ürün kalitesindeki bu artış, yalnızca üreticiler için değil, aynı zamanda tüketiciler için de önemlidir. Tüketiciler, daha kaliteli ve dayanıklı ürünlere ulaşarak tarımsal üretimdeki bu tozlaşma hizmetlerinden dolayı olarak faydalanır.

Bununla birlikte, bal arılarının bahçe bitkileri üzerindeki ekonomik etkileri sadece ürün miktarı ve kalitesi ile sınırlı değildir. Arıların gerçekleştirdiği tozlaşma, bitkilerin meyve tutum oranını artırarak, daha verimli bir üretim süreci sağlar. Bu, çiftçilerin daha az girdi ile daha fazla ürün elde etmesine olanak tanır. Ayrıca, tozlaşma sürecinde arıların etkin rol oynaması, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları, uzun vadede hem çiftçilerin hem de çevrenin yararına olur.

Bal Arılarının Bahçe Bitkileri Üzerindeki Ekolojik Katkısı

Bal arılarının bahçe bitkilerindeki rolü sadece ekonomik faydalarla sınırlı değildir; aynı zamanda ekolojik süreçler üzerinde de derin bir etkiye sahiptir. Bal arıları, biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunarak, bitki türlerinin sağlıklı bir şekilde çoğalmasını sağlar. Bahçe bitkileri, arıların tozlaşma hizmetleri sayesinde daha geniş bir genetik havuza sahip olur ve bu da bitkilerin hastalıklara ve çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli hale gelmesine yardımcı olur (Garibaldi ve ark., 2013).

Bu ekolojik faydalar, yalnızca tarımsal ekosistemlerle sınırlı değildir; aynı zamanda doğal ekosistemlerin devamlılığı için de önemlidir. Arılar, doğal habitatlarda da çeşitli bitki türlerinin tozlaşmasını sağlar ve bu, ekosistemlerin genel sağlığı için hayati öneme sahiptir. Özellikle yerel ve doğal arı türleri, yerel bitki türlerinin tozlaşmasında kritik bir rol oynar. Bu süreç, ekosistemlerin dengesini koruyarak, biyoçeşitliliğin sürekliliğini sağlar (Winfree ve ark., 2009).

Bal Arısı Popülasyonundaki Azalma ve Bahçe Bitkilerine Etkisi

Son yıllarda, bal arısı popülasyonlarındaki azalma, özellikle tarımsal üretime bağımlı olan bahçe bitkileri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Arı kolonisi çöküş sendromu (Colony Collapse Disorder - CCD) olarak bilinen ve özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da sıkça rastlanan bu olgu, arı popülasyonlarının hızla azalmasına yol açmaktadır (VanEngelsdorp ve ark., 2009). Arıların azalması, doğrudan tozlaşma oranlarını düşürmekte ve bu durum, bitki verimliliği üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Pestisit kullanımı, arıların sağlığını tehdit eden başlıca faktörlerden biridir. Özellikle neonikotinoid türü pestisitler, arıların sinir sistemini etkileyerek yön bulma yeteneklerini kaybetmelerine ve kolonilerin zayıflamasına yol açmaktadır (Henry ve ark., 2012). Bunun yanı sıra, iklim

değişikliği, habitat kaybı ve tarımsal monokültür uygulamaları da bal arısı popülasyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bal arılarının azalması, tarımsal üretimdeki tozlaşma hizmetlerinin kalitesini ve verimliliğini düşürebileceği gibi, aynı zamanda bahçe bitkilerinin sürdürülebilir üretimini de tehlikeye sokmaktadır.

Bal Arılarının Bahçe Bitkilerinde Verimliliğe Olan Etkisi: Detaylı İnceleme

Bal arılarının bahçe bitkilerinde tozlaşmaya yaptığı katkı, bitki verimliliğini artıran en önemli biyolojik mekanizmalardan biridir. Bal arıları, çiçekler arasında polen taşıyarak bitkilerin döllenme sürecini hızlandırarak meyve oluşumunu destekler. Bu süreç, hem tohum tutumunu hem de meyve ve sebze miktarını doğrudan etkiler. Çeşitli bitkilerde yapılan bilimsel çalışmalar, bal arılarının tozlaşma sürecine katkısının ürün kalitesi ve miktarı üzerinde belirgin bir fark yarattığını göstermektedir. Örneğin, domates bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda, arıların polen transferinin verimli bir şekilde sağlanması sonucu daha büyük ve düzgün meyveler elde edildiği belirlenmiştir (Greenleaf ve Kremen, 2006). Aynı şekilde elma, çilek, kabak gibi bahçe bitkilerinde de arıların sağladığı tozlaşma, meyve sayısını ve kalitesini artırmaktadır.

Tozlaşma sürecinde bal arılarının etkinliği, özellikle bahçe bitkilerinin daha fazla ve kaliteli ürün üretmesine olanak tanır. Yüksek verimli üretim ise, bitkilerin meyve tutma oranlarının artmasına ve bu oranın doğrudan tarımsal verimlilik ile ilişkilendirilmesine neden olur. Örneğin elma ağaçları üzerinde yapılan bir çalışmada, arılarla tozlaşan ağaçlarda meyve tutum oranının %40'a kadar daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Klatt ve ark., 2014). Bu durum, bal arılarının sadece çiçeklenme döneminde değil, aynı zamanda bitkilerin uzun vadeli büyüme ve meyve verme potansiyelinde de olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Kalite ve Raf Ömrü Üzerindeki Etkiler

Bal arılarının bahçe bitkilerine sağladığı bir diğer önemli katkı, ürün kalitesini ve raf ömrünü artırmalarıdır. Birçok meyve ve sebze türünde arıların yaptığı tozlaşma, meyvenin büyüklüğü, şekli ve dış görünüşü gibi kalite özelliklerini belirler. Arıların aktif olarak katıldığı tozlaşma süreci, çilek, elma ve domates gibi ticari değeri yüksek ürünlerde daha düzgün ve simetrik meyvelerin oluşmasını sağlar. Klatt ve arkadaşlarının (2014) yaptığı bir çalışmada, arıların tozladığı elmaların pazar değeri açısından daha yüksek

kabul edildiği ve bu ürünlerin raf ömrünün de arttığı gösterilmiştir. Raf ömrü uzatılan ürünler, daha uzun süre depolanabilmekte ve daha geniş bir pazara dağıtılabilmektedir.

Bu kalite artışları, doğrudan tüketici talebine ve pazar fiyatlarına da yansır. Tüketiciler, görsel olarak daha çekici ve daha dayanıklı ürünleri tercih etmektedir. Bal arılarının etkin tozlaşma sağladığı bahçe bitkilerinden elde edilen ürünler, bu nedenle pazar değeri daha yüksek olan ürünlerdir. Üstelik, bu süreç sadece ekonomik fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda israfı da azaltır. Daha dayanıklı ve kaliteli ürünler, hasat sonrası kayıpları en aza indirir, bu da üreticiler için önemli bir ekonomik kazanç sağlar.

Genetik Çeşitliliğin Korunmasına Katkı

Bal arılarının bahçe bitkileri üzerindeki bir diğer önemli ekolojik katkısı, bitkilerde genetik çeşitliliğin korunmasına olanak tanınmasıdır. Arılar, bir bitkiden diğerine polen taşıyarak çapraz tozlaşmayı teşvik ederler. Bu süreç, bitkilerde genetik çeşitliliğin artmasını sağlar ve bu da bitkilerin çevresel değişimlere ve hastalıklara karşı direnç geliştirmelerine yardımcı olur. Genetik çeşitliliğin artması, özellikle bahçe bitkilerinde uzun vadede verimliliği artıran bir etken olarak görülmektedir. Daha geniş bir genetik çeşitlilik, bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli olmasına olanak tanır ve bu da tarımsal sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynar (Garibaldi ve ark., 2013).

Özellikle modern tarım uygulamalarında monokültürün yaygınlaşması, genetik çeşitliliği tehdit eden başlıca faktörlerden biridir. Tek bir bitki türünün geniş alanlara ekildiği bu tarım modeli, hastalık ve zararlılara karşı hassasiyeti artırır. Arıların yaptığı çapraz tozlaşma, bu tür monokültür sistemlerinde bile bitkiler arasında genetik çeşitliliği artırarak, bitkilerin dayanıklılığını artırabilir. Bu nedenle, bal arılarının bahçe bitkilerine sağladığı ekolojik faydalar, yalnızca kısa vadeli ürün verimliliği ile sınırlı kalmayıp, uzun vadede tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine de katkı sağlamaktadır.

Pestisitlerin Bal Arılarına ve Tozlaşmaya Etkisi

Pestisitler, tarımsal verimliliği artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan kimyasallardır, ancak bu maddelerin arılar üzerindeki olumsuz etkileri ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Pestisitler, özellikle neonikotinoid türü pestisitler, bal arılarının sinir sistemini olumsuz etkileyerek yön bulma ve besin toplama davranışlarını bozabilir (Henry ve ark., 2012). Bu durum,

arıların tozlaşma kapasitesini ciddi anlamda sınırlar ve bahçe bitkilerinde verim kaybına yol açar. Arıların yön bulma yeteneklerini kaybetmesi, kolonilerin zayıflamasına ve hatta tamamen çökmesine neden olabilir. Bu da, arıların sağladığı tozlaşma hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından ciddi bir tehdit oluşturur.

Pestisitlerin olumsuz etkileri, sadece arıların sağlığını etkilemekle kalmaz, aynı zamanda ekosistemlerin genel sağlığını da bozabilir. Arılar, ekosistemlerin dengesini sağlayan kilit türlerden biridir ve arı popülasyonlarındaki azalma, diğer türler ve bitkiler üzerinde zincirleme etkiler yaratabilir. Bu nedenle, pestisit kullanımını azaltmak ve arı dostu tarım uygulamalarını teşvik etmek, hem tarımsal verimlilik hem de ekosistem sağlığı açısından kritik öneme sahiptir.

Son yıllarda, arı popülasyonlarındaki azalma konusunda farkındalık artmış ve çeşitli koruma çalışmaları başlatılmıştır. Avrupa Birliği, 2013 yılında neonicotinoid pestisitlerin kullanımını kısıtlayan yasalar çıkarmış ve bu adım, arı popülasyonlarının korunmasında önemli bir dönüm noktası olmuştur. Ancak, bu tür düzenlemelerin dünya genelinde yaygınlaştırılması ve daha geniş kapsamlı koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Arıların sağlığı, sadece tarımsal üretimin değil, aynı zamanda ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından da hayati bir öneme sahiptir.

İklim Değişikliğinin Arılar ve Bahçe Bitkilerine Etkisi

İklim değişikliği, dünya genelinde tarım ekosistemlerini ve dolayısıyla bal arılarını da tehdit eden en önemli çevresel sorunlardan biridir. İklim değişikliği, sıcaklıkların artması, yağış rejimlerinin değişmesi ve ekstrem hava olaylarının sıklığının artması gibi etkilerle tarımsal üretimi doğrudan etkilemektedir. Bahçe bitkilerinin çiçeklenme dönemlerinde yaşanan bu tür değişiklikler, arıların tozlaşma aktiviteleri ile bitkilerin çiçeklenme zamanlaması arasındaki uyumu bozabilir (Kjøhl ve ark., 2011). Bu uyumsuzluk, bitkilerin döllenme oranlarını azaltarak verim kaybına yol açabilir.

Ayrıca, iklim değişikliği arıların yaşam alanlarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcaklıkların artması, arıların doğal habitatlarındaki kaynakların azalmasına ve bu nedenle arı kolonilerinin zayıflamasına neden olabilir. Habitat kaybı ve iklim değişikliği birleştiğinde, arı popülasyonları üzerindeki baskılar artar ve bu da tarımsal üretim süreçlerinde büyük zorluklara yol açar. Arıların tozlaşma hizmetlerine olan bağımlılığın artması,

tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için iklim değişikliği ile mücadeleye daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bal Arılarının Korunması ve Gelecek Perspektifler

Bal arılarının bahçe bitkilerinde sağladığı tozlaşma hizmetlerinin ekonomik, ekolojik ve tarımsal önemi göz önüne alındığında, bu değerli böceklerin korunması kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Arı popülasyonlarının korunması, pestisit kullanımının azaltılması, habitat kayıplarının önüne geçilmesi ve iklim değişikliği ile mücadele gibi çeşitli önlemleri gerektirmektedir. Aynı zamanda arı dostu tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve biyolojik çeşitliliğin korunması, arıların sağlıklı popülasyonlarını sürdürebilmeleri açısından önemlidir.

Bal arılarının korunması, aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla da doğrudan ilişkilidir. Bu uygulamalar, hem arıların sağlığını korumak hem de ekosistem hizmetlerini güçlendirmek amacıyla tarımın doğaya daha az zarar veren bir modeline yönelmelidir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları arasında, entegre zararlı yönetimi (IPM), organik tarım ve agroekolojik yaklaşımlar gibi arılara zarar vermeyen yöntemlerin benimsenmesi ön plandadır. Bu yöntemler, pestisit kullanımını en aza indirerek biyolojik çeşitliliği artırmayı ve arılar için güvenli besin kaynakları ve yaşam alanları oluşturmayı hedeflemektedir.

Entansif Tarımın Arılar Üzerindeki Etkileri

Modern tarım sistemleri, özellikle yoğun tarım uygulamalarıyla arı popülasyonları üzerinde ciddi tehditler oluşturmuştur. Monokültür tarımı, yani geniş arazilere tek tip bitki ekimi, arıların beslenme kaynaklarını sınırlayarak popülasyonlarını tehlikeye atmaktadır. Monokültür alanlar, arıların ihtiyaç duyduğu farklı çiçek türlerinden zengin bir besin kaynağı sağlamaz ve bu durum arı kolonilerinin zayıflamasına neden olur. Özellikle kış aylarında beslenme yetersizliği çeken arılar, bu zayıflama sonucunda daha hassas hale gelir ve çeşitli hastalıklara karşı dirençleri azalır (VanEngelsdorp ve ark., 2009). Ayrıca, bu tür tarım sistemlerinde yoğun pestisit kullanımı, arıların sağlığını tehdit eden diğer bir faktördür.

Entansif tarım sistemleri, kısa vadede yüksek verim sağlamayı hedeflerken, uzun vadede arı popülasyonlarını ve dolayısıyla tarımsal sürdürülebilirliği tehlikeye atmaktadır. Bu durum, özellikle tarımın doğrudan arıların tozlaşma hizmetlerine bağımlı olduğu bahçe bitkileri için kritik öneme

sahiptir. Tarımın sürdürülebilirliği açısından, entansif tarım sistemlerinin yerine daha sürdürülebilir ve çevre dostu tarım uygulamalarının teşvik edilmesi gerekmektedir.

Agroekolojik Yaklaşımlar ve Arılar

Agroekolojik yaklaşımlar, tarımsal sistemlerin ekolojik prensiplere göre yönetilmesini öneren bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımlar, doğanın döngülerini, biyolojik çeşitliliği ve sürdürülebilir toprak yönetimini esas alır. Agroekolojik tarım sistemleri, arılar gibi faydalı böceklerin korunmasını teşvik eder ve tarımsal üretimi ekosistem sağlığıyla uyumlu hale getirir. Bu sistemlerde, monokültür yerine polikültür tercih edilir, yani birden fazla bitki türü aynı alanda birlikte yetiştirilir. Bu durum, arılar için farklı besin kaynakları sağlar ve arıların çeşitli çiçeklerden polen ve nektar toplamasına olanak tanır.

Ayrıca agroekolojik yaklaşımlar, pestisit kullanımını azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için biyolojik zararlı kontrol yöntemlerini kullanır. Doğal düşmanlar ve biyolojik çeşitlilik, zararlı böcek popülasyonlarını kontrol altına alırken, arıların sağlığına zarar veren kimyasalların kullanımını minimize eder. Bu tür sistemler, aynı zamanda toprak sağlığını iyileştirir ve su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunur. Böylece hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliği sağlanmış olur hem de arılar gibi tozlaşmaya katkı sağlayan faydalı böceklerin yaşam alanları korunmuş olur.

Eğitim ve Farkındalık Çalışmaları

Bal arılarının korunması ve onların tarımsal verimlilik üzerindeki kritik rollerinin anlaşılması, toplumsal farkındalığın artırılmasına bağlıdır. Çiftçiler, tarım uzmanları ve tüketiciler, arıların ekosistem hizmetlerine olan katkıları hakkında bilinçlendirilmeli ve bu farkındalık, tarım uygulamalarına yansıtılmalıdır. Eğitim programları, çiftçilerin arı dostu uygulamaları öğrenmeleri ve bu uygulamaları benimsemeleri için önemli bir araçtır. Ayrıca, arıcılık eğitimleri ve yerel düzeyde arıların korunmasına yönelik projeler, arı popülasyonlarının güçlendirilmesine katkıda bulunabilir.

Tüketicilerin de bilinçlendirilmesi, arı dostu ürünlerin tercih edilmesine ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının desteklenmesine katkı sağlar. Organik tarım ürünlerine olan talebin artması, kimyasal pestisitlerin kullanımını azaltacak ve arılar için daha güvenli bir çevre oluşturacaktır.

Ayrıca, kentleşmenin artmasıyla birlikte şehirlerde arı popülasyonlarının desteklenmesi için şehir arıcılığı gibi projeler de yaygınlaştırılabilir.

SONUÇ

Bal arılarının bahçe bitkilerindeki verimliliği üzerinde etkisi, tarımsal üretkenlik ve ekosistem sağlığı açısından kritik bir konudur. Yapılan araştırmalar, bal arılarının yalnızca mahsul kalitesini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ekosistem içinde diğer polinatörlerin rolünü de artırdığını göstermektedir. Bu bağlamda, bal arılarını korumak ve onların doğal yaşam alanlarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, hem tarımsal verimlilik hem de biyoçeşitlilik için önem taşımaktadır.

Bal arıları, bahçe bitkilerinin verimliliğinde kilit bir rol oynamaktadır. Hem meyve kalitesini hem de ürün miktarını artırarak, tarımsal üretime ve ekonomik kalkınmaya katkıda bulunurlar. Ancak bal arısı popülasyonlarındaki düşüş, bahçe bitkileri üzerinde olumsuz etkilere neden olmakta ve tozlaşmaya dayalı tarım sistemlerini tehdit etmektedir. Bu nedenle, bal arılarını koruma ve popülasyonlarını artırma yönündeki çabalar, bahçe bitkilerinin sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır.

Bal arıları, bahçe bitkilerinin tozlaşmasında ve dolayısıyla verimliliğinin artırılmasında kritik bir rol oynar. Arıların tozlaşma hizmetleri, bitkilerin meyve tutma oranını ve ürün kalitesini doğrudan etkileyerek tarımsal verimliliği artırır. Aynı zamanda, ekosistem sağlığını ve biyolojik çeşitliliği koruyarak bitkilerin çevresel strese ve hastalıklara karşı direnç geliştirmesine yardımcı olur. Ancak, arı popülasyonlarının azalmaya devam etmesi, tarımsal üretim süreçleri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, arıların korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, hem tarım ekonomisi hem de ekosistem sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Bal arılarının bahçe bitkileri üzerindeki tozlaşma hizmetleri, tarımsal verimlilik ve ekosistem sağlığı açısından hayati bir öneme sahiptir. Arıların sağladığı ekolojik hizmetler, hem ürün kalitesini hem de miktarını artırmakta ve sürdürülebilir tarımın temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ancak, arı popülasyonları, pestisit kullanımı, habitat kaybı ve iklim değişikliği gibi çeşitli faktörlerden olumsuz etkilenmektedir. Bu durum, hem tarımsal üretim hem de ekosistem sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Bal arılarının korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, tarımsal verimliliği artırırken aynı zamanda ekosistem sağlığını da koruyacaktır. Arıların korunması, sadece tarım ekonomisi açısından değil, biyolojik çeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin devamlılığı açısından da büyük bir önem taşımaktadır. Gelecek için sürdürülebilir tarım stratejileri geliştirilirken, arıların rolü ve katkıları göz önünde bulundurulmalı ve bu doğrultuda politikalar ve uygulamalar geliştirilmelidir.

Bal arılarının bahçe bitkilerindeki verimliliği üzerine yapılan bu araştırmalar, polinatörlerin tarımsal üretkenlikteki önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir. Bal arıları, sadece bir polinatör türü olarak değil, aynı zamanda ekosistem sağlığının ve tarımsal sürdürülebilirliğin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Gelecekte, tarımsal verimliliği artırmak ve biyoçeşitliliği korumak için bu tür çalışmaların devam etmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology*, 19(11), 915-918.
- FAO. (2019). *The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners*. FAO Agricultural Services Bulletin, 56.
- Free, J. B. (1993). *Insect Pollination of Crops*. Academic Press.
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810-821.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.
- Greenleaf, S. S., & Kremen, C. (2006). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13890-13895.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.
- Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350.
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tscharntke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775), 20132440.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Kjøhl, M., Nielsen, A., & Stenseth, N. C. (2011). Potential effects of climate change on crop pollination. *FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.

- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., & Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220-229.
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Howlett, B. G., Winfree, R., & Woyciechowski, M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146-151.
- VanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K., & Pettis, J. S. (2009). Colony collapse disorder: A descriptive study. *PLoS One*, 4(8), e6481.
- Winfree, R., Williams, N. M., Gaines, H., Ascher, J. S., & Kremen, C. (2009). Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 793-802.

BÖLÜM 12

BAZI HORMON UYGULAMALARININ ASMA TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Atilla ÇAKIR¹, Ziraat Yüksek Müh. Vezir YILDIZ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14567687>

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl/Türkiye
ORCID NO: 0000-0001-9732-9272, acakir@bingol.edu.tr, cakiratilla@gmail.com

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl/Türkiye
ORCID NO: 0009-0009-4217-4213, veziry081@gmail.com

1. GİRİŞ

Birçok meyve türünde olduğu gibi bağcılıkta da vejetatif ve ıslah amaçlı generatif çoğaltma yöntemleri kullanılmaktadır. Vejetatif yolla asmanın çoğaltılması hem çok pratik hem de hızlı bir şekilde olabilmektedir. Gerek asma fidanı elde edilmesinde gerek ise yerli bağcılıkta yeni bahçelerin kurulmasında başvurulan başlıca çoğaltma yöntemi vejetatif çoğaltmadır. Vejetatif çoğaltma yöntemlerinden en çok kullanılanı çoğaltma yöntemleri sırasıyla çelik, aşu ve daldırmadır (Fidan ve ark.,1987; Kelen, 1994).

Tohumla çoğaltma modern bağcılıkta melez yetiştirmekte çok önemli bir rol oynamaktadır. İlk ıslah amaçlı generatif çoğaltma bağcılıkta filokseranın bağ alanlarını tehdit etmesi ile başlamıştır (Fidan 1985, Çelik vd. 2005). Daha sonra, yüksek verimli, kaliteli ürün ile biyotik ve/veya abiyotik stres koşullarına mukavemet gibi konularda ıslah amacıyla melezleme çalışmaları süreklilik kazanmıştır.

Ticari öneme sahip diğer tüm bitkiler gibi çok yıllık kültür bitkileri içinde ıslah o denli zor fakat kaçınılmaz bir konudur. Doğal seleksiyonla ortaya çıkmış bireylerin korunması, bunlardan daha üstün özellikleri taşıyanların ortaya çıkarılması veya istenilen özelliklerin bir bitkide toplanması ancak belirli ıslah yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilebilir. Son çeyrek yüzyılda moleküler tekniklerin çok ileri düzeyde geliştirilerek bitki ıslahında kullanılmaya başlaması sonucunda asma ıslahı da daha bilinçli ve sistemli bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Zaman içinde daha bilinçli seleksiyon yapılması, mevcut üzüm çeşitlerinde verim artışı, kalitenin yükseltilmesi, çekirdeksizlik, yetiştirme alanlarının genişletilmesi, olum zamanlarının erkene veya daha geçe alınması, kuraklık-soğuk gibi anormal iklim koşullarına mukavemet, filoksera, nematod ve benzeri zararlılara, mantari hastalıklara, virüslere dayanıklılık, mekanizasyona uygunluk gibi konularda mevcut çeşitlerin ıslahına veya yeni çeşitler elde etmeyi amaçlayan ıslah çalışmalarına girilmiştir (Fidan, 1985; Ağaoğlu vd., 1998).

Asma ıslah programlarında biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı dayanıklı, aynı zamanda da kaliteli ürün veren üzüm çeşitleri elde etmek amacıyla en yaygın kullanılan yöntem melezleme ıslahıdır (Uslu vd. 1995, Çelik vd. 2005).

Asmalarda yukarıda belirtilen amaçlara yönelik olarak çeşitlerin geliştirilmesi, uygun ebeveynlerin melezlenmesiyle elde edilecek F1 popülasyonlarından yapılacak seleksiyona dayanmaktadır. Kaçınılmaz olan

klasik asma ıslah çalışmaları oldukça uzun ve yoğun bir emek gerektirmektedir (Çelik, 1998).

Yeni çeşitlerin eldesi ve iyi özelliklerin kombine edilmesi amacıyla yapılan melezleme çalışmalarının başarısında, çekirdeklerin çimlenme güçleri önemli rol oynamaktadır. Çimlenme gücü zayıf olan çekirdeklerden elde edilecek bitki sayısının az olması nedeniyle, istenilen özellikleri taşıyan omcaların ortaya çıkma olasılıkları da bu sebeple düşük olmaktadır. Bugün değişik amaçlara yönelik olarak sürdürülen ıslah çalışmalarında elde edilen melez çekirdeklerin mümkün olan en yüksek oranda çimlendirilmeleri ve bunlardan sağlıklı bitkiler elde edilmesi amaçlanmaktadır (Fidan ve Eriş 1975).

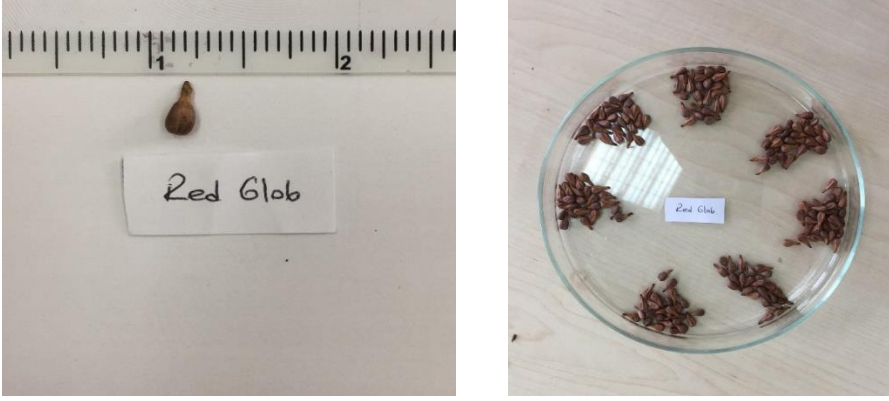
Çalışmamızda temel amaç, ıslah çalışmalarında hedeflenen özelliklere yönelik yapılmış çalışmalarda elde edilmiş çok değerli materyallerden mümkün olduğu oranda maksimum düzeyde faydalanmak amacıyla deneme kurulmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma 2018 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji ve Hasat Sonu laboratuvarlarında yürütülmüştür. Denemede bölgemizde fazlasıyla rağbet gören ve hatta ülke genelinde çok iyi bilinen bazı yerli üzüm çeşitlerimizden; Besni, Banazı Karası, Müşküle, Öküzgözü, Boğazkere, Mezrone, Ağın Beyazı ve Köhnü ile dünyaca ünlü ve bölgemize adaptasyonu iyi olan, Cardinal ve Red Glode üzümleri olmak üzere toplam 10 farklı üzüm çeşidine ait çekirdekler kullanılmıştır.

2.1 Çalışmada Kullanılan Tohum Materyallerinin Temini

Çalışmada kullanılan çeşitlere ait tohum materyalleri Diyarbakır, Mardin, Malatya, Adıyaman ve Elazığ illerinden temin edilmiş üzüm çeşitlerinden elde edilmiştir. 2017 yılı Ağustos ayından başlanarak çeşitlere ait tohumların eldesi için çalışmalar başlatılmış olup, yeteri kadar tohum temini için her bir üzüm çeşidinden en az 2'şer kg üzüm alınarak örnekler çalışmaların sürdürüleceği laboratuvara en kısa sürede nakledilmiştir. Laboratuvara aktarılan üzüm çeşitlerine ait çekirdekler meyve etlerinden ayrılarak (en az 540 adet) çıkarılmışlardır. Çıkarılan tohumlar iyice yıkandıktan sonra kurutulmuş, gerekli ölçüm ve tartım işlemleri yapılarak cam malzemelere konulmuştur (Şekil 2.1). Oda sıcaklığında denemenin kurulacağı tarihe kadar saklanmıştır.



Şekil 2.1. Meyve etinden ayrılmış çekirdeklerin ambalaj ve muhafazası

2.4.1.Çimlendirme Denemeleri Öncesi Ön İşlemler

Çimlendirmede kullanılacak filtre kağıtları, 9 cm çapındaki petri kaplarının boyutuna uygun olacak şekilde kesilerek hazırlanmıştır. Çimlendirme denemelerinde Besni, Banazı Karası, Köhnü, Red Globe, Müşküle, Öküzgözü, Boğaz Kere, Mazrone ve Ağın Beyazı çeşitlerinin katlamalı ve katlamasız olarak kullanılacak. 180 petri kabının (10 çeşit x 4 doz x 3 tekrar 1 kontrol grubu) denemede kullanılacak tohumlar ön işlemler öncesi % 3'lük çamaşır uyunda 5 dk bekletildikten sonra çeşme suyuyla duruladıktan sonra saf suyla yıkanıp temizlenmiştir. Ayrıca çimlendirme testlerinde kullanılacak ortam, malzemeler ve petri kapları testten önce etil alkolle steril edildikten sonra saf suyla yıkanmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Tohumlarda Dezenfeksiyon işlemi

3.2.4.2.Hormonların hazırlanması ve uygulanması

Denemede kullanılacak östrojen ve testosteron hormonları kontrol dahil 5 farklı dozda hazırlanarak (0.0g/lt, 0.5 g/lt, 1.0 g/lt, 1.5 g/lt ve 2.0g/lt) hormon uygulaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Çözeltinin hazırlanması ve tohumların çözeltiliye bırakılması

Deneme materyallerine hormon uygulaması 100 ml'lik beherlerde daha önce hazırlanmış çözeltiler ile uygulanmıştır (Şekil 2.3).

Araştırma materyali olan tohumlara farklı dozlardaki hormon uygulama süresi 5'er dk. olup her bir uygulama için her tekrürde 10 adet tohum olmak üzere toplam 30 adet tohum kullanılmıştır. Böylece her bir çeşit için hem kontrol hem iki hormon ve hem de her iki hormon uygulamalarının farklı dozları dahil toplam 540 adet tohum kullanılmıştır.

2.4.3. Tohumlarda çimlendirme denemesinin kurulması

Farklı dozlarda hormon uygulaması gerçekleştirilmiş deneme materyalleri çimlendirme testlerine tabi tutulmuştur. Çimlendirme işlemi, içine daha önceden dezenfekte edilmiş iki adet filtre kağıdı konan 9 cm lik petri kaplarında yapılmıştır. Her petri kabına 3'er tekrürü ve her tekrürde 10'ar adet tohum olmak üzere toplam 30 tohum kullanılmıştır. Böylece katlama işlemine tabi tutulmadan söz konusu üzüm çeşitlerine ait 540 adet tohum çimlendirme testine tabi tutulmuşlardır. Her uygulama için her bir petri kabında 30'ar tohum olmak üzere toplamda deneme için 180 adet petri kabı kullanılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çimlendirme denemesinin kurulması

Plan doğrultusunda hazırlanmış dememe petri kapları sıcaklık ve nem ayrı yapılabilen iklim dolabına yerleştirilmiştir. İklim dolabı sıcaklığı 24 C, nem ise %70'e ayarlanarak deneme kurulmuştur. Her 3 günde bir olmak üzere çimlenmeler gözlemlenmiştir. Her sayımda çimlenen tohum sayıları belirlenmiş ve kayıt altına alınmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 3.5 Tohumların çimlendirme denemesine alınması

Çimlendirme testleri süresince tohumların nem düzeylerini belirli bir seviyede tutmak amacıyla belli aralıklarla tohumlar daha önce sterilize edilmiş saf su ile nemlendirilmiştir. Ayrıca çimlendirme testi süresince deneme materyallerinin mantari enfeksiyonlara karşı korumak amacıyla her hafta ve haftada 1 kez olmak üzere fungusit uygulaması yapılmıştır. Kökçüklerine zarar veremeyecek titizlikte çimlenmiş tohumlar daha önceden hazırlanmış ve içerisine 1:1:1 oranında perlit torf ve cocopet konulmuş viyollere ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeşitler itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait değerler Tablo 1'de verilmiştir. Katlamasız tohum sayısı en fazla Red Globe en az ise Besni çeşidinde belirlenmiştir. Katlamasız tohum sayıları ortalamasında Red Globe, Ağın Beyazı, Müşküle, Köhnü, Mazrone ve Cardinal çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve ortalama değerler sırasıyla 6,97, 6,93, 6,87, 6,80, 6,73 ve 6,67 olarak tespit edilmiştir. Öküzgözü çeşidinde katlamasız tohum sayısı ortalama 5,87, Banazı Karası çeşidinde 5,27 ve Boğazkere çeşidinde ise 4,67 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Çeşitler itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Çeşit Adı	Katlamasız Tohum Sayısı (KSTS)		
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Besni	3,83 ^a	1,117	0,204
Banazı Karası	5,27 ^c	0,980	0,179
Köhnü	6,80 ^e	0,997	0,182
Cardinal	6,67 ^e	0,959	0,175
Red Globe	6,97 ^e	0,964	0,176
Müşküle	6,87 ^e	1,137	0,208
Öküzgözü	5,87 ^d	0,937	0,171
Boğazkere	4,67 ^b	1,269	0,232
Mazrone	6,73 ^e	1,081	0,197
Ağın beyazı	6,93 ^e	1,202	0,219

^{a,b,c,d,e}: aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir.

Bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynayan en önemli içsel faktörlerden birisi olan bitki hormonlarının keşfi ile bitki büyümesini ve büyüme ile ilgili birçok faaliyetleri kontrol altına almak mümkün olmuştur. Bunlardan oksinler, gibberalinler, absisik asit (ABA) ve sitokininler çok çeşitli fizyolojik etkilere sahiptir (Ünyayar ve Topçuoğlu 1998; Karakurt vd 2010). Ilıman iklim meyve türlerinin tohumlarında katlama işlemi yapılmadan hormon uygulaması ile tohumların çimlenme oranlarını yükseltmek amacıyla bazı zeytin tohumlarında araştırmalar yürütülmüş ve sonuç olarak, GA ve IAA diğer uygulamalara göre daha yüksek çimlenme oranı oluştururken aynı zamanda çimlenme süresini de kısaltmıştır (Yüce 1979). Bitki büyüme düzenleyicileri doğal ve sentetik olmak üzere iki şekildedir. Doğal hormonlar bitki tarafından sentezlenirken, sentetik hormonlar kimya endüstrisi tarafından geliştirilen değişik yapıdaki maddelerdir. Sentetik hormonlar doğal hormonlarla benzer etki göstermekte, bazı durumlarda da daha fazla etkilere sahip olabilmektedir (Çetin 2002; Algül vd 2016). Büyüme gelişme düzenleyicilerin günümüzde birçok alanda pratik olarak kullanımı bilinmektedir. Çokça bilinen bu hormonların dışında bitki bünyesinde iz miktarda bulunabilen cinsiyet (17β -östradiol, östrojen, progesteron, testosteron vb.) hormonları da son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Janeczko ve Skoczowski 2005; Hacıbektaşoğlu 2011).

Tablo 3. Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Hormon Uygulaması		Ortalama	Standart sapma	Standart hata
KSTS	Östrojen	6,05	1,430	0,117
	Testesteron	6,07	1,559	0,127

Hartmann vd (2002) tarafından yapılan bir çalışmada özellikle tohum çimlenmesinde sitokinlerin, ABA gibi engelleyicilerin etkisini azaltıcı veya kaldırıcı etki yaparak dolaylı şekilde olumlu etki yaptığı ve etilenin bazı tohumlarda çimlenmeyi uyarıcı etki yaptığı belirlenmiştir (Karakurt vd 2010). Uygulanan GA3 konsantrasyonunun ve süresinin çimlenme üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Duman 2006). Çömkekcioglu vd (2015) tarafından yürütülen bir çalışmada, GA3'ün diğer iki hormona nazaran her iki türde de düşük sıcaklıkta çimlenme üzerine daha olumlu etki yaptığı ve çimlenmeyi arttırdığı sonucuna varılmıştır. Janeczko (2000) yapmış olduğu bir araştırmada, östrojen ve progesteron'un (1 μ M) in vitro ortamında yaprak gelişimini ve kışlık buğday çimlenmesini teşvik ettiğini bildirmiştir. Brown (2006) tarafından yürütülen araştırmada, Östrojenin 0,1 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyonlarında bitkilerin kök gelişiminin azaldığı belirlenmiş, bitkilerde de biçim bozukluğu ve kallus oluşumu gözlenmiştir. Östrojen ile muamele edilen bitkilerde kontrole göre yumru üretiminde istatistiki olarak önemsiz bir azalma olduğu saptanmıştır. Janeczko (2000) ve Janeczko vd (2002) buğdayda yaptıkları farklı çalışmalarda, östron ve östrojenin çimlenmeyi sınırladığını rapor etmişlerdir. Çimleneme karakterlerinde özellikle çimlenme oranı ve hızını artıran GA uygulamalarının östron ve testosteron uygulamalarının farklı dozlarıyla benzer etkiler ortaya çıkardığı Hacıbektaşoğlu (2011) tarafından ortaya konmuştur. Kara erik üzüm çeşidinde yapılan bir çalışmada, asma sürgün uçlarında, en düşük oluşum %20 oranında 10^{-7} M östrojen uygulamasında görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, çimlenme öncesi yapılan GA3 ön uygulamalarının, tuz stresinin hüsnüyusuf tohumlarının çimlenme engelleyici etkisini önemli ölçüde ortadan kaldırdığı saptanmıştır (Yıldız vd 2017). Ertekin vd (2009) tarafından yapılan çalışmada, sonuç olarak; hormon uygulamasının defne fidanlarının gelişimi üzerine olumlu etkisi saptanmış, fidanlık koşullarında defne üretiminde GA3 hormonunun kullanılması tavsiye edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, Malta eriğinde katlamadan önce yapılan GA3 uygulamalarında hem çimlenme

üzerine hem de çöğür gelişimi üzerine 300 ppm uygulamasının çok etkili olduğu belirlenmiştir (Okatan 2017).

Tablo 4. Hormon uygulaması itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait varyans tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,053	1	0,053	0,024	0,877
Within Groups	666,867	298	2,238		
Total	666,920	299			

Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4). Yapılan bir çalışmada da hormon uygulamalarının hıyarda ortalama tohum çıkışına etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Hacıbektaşoğlu 2011). Daha önce yapılmış olan başka bir çalışmada ise, uygulanan ön işlemlerin (hormon uygulaması) defne fidanlarının gelişimi üzerine istatistiki açıdan anlamlı etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir (Ertekin vd 2009). Okatan 2017 tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli çıkmıştır.

Tablo 5. Çeşitler açısından hormon uygulamalarının katlamasız tohum sayısı dağılımı

Çeşit Adı	KSTS	
	Östrojen	Testesteron
Besni	4,07	3,60
Banazı Karası	5,13	5,40
Köhnü	6,67	6,93
Cardinal	6,53	6,80
Red Globe	6,93	7
Müşküle	7,07	6,67
Öküzgözü	5,80	5,93
Boğazkere	4,80	4,53
Mazrone	6,67	6,80
Ağın beyazı	6,80	7,07

Çeşitler açısından hormon uygulamalarının katlamasız tohum sayısı itibariyle dağılımı tablo 5'te verilmiştir. Katlamasız tohum sayısında Östrojen

hormonu uygulamasında en fazla tohum sayısı Müşküle çeşidinde en az tohum sayısı ise Besni çeşidinde, Testesteron hormonu uygulamasında ise en fazla tohum sayısı Ağın Beyazı çeşidinde en az tohum sayısı ise yine Besni çeşidinde saptanmıştır. Testesteron hormonu uygulaması Besni, Banazı Karası, Boğazkere ve Mazrone çeşitlerinde katlamalı tohum sayısında, Besni, Müşküle ve Boğazkere çeşitlerinde ise katlamasız tohum sayısında azalmaya neden olmuştur.

Tablo 6. Uygulanan doz itibariyle katlamalı ve katlamasız tohum sayılarına ait değerler

Uygulanan doz	KSTS		
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Kontrol	4,77 ^a	1,345	0,174
0.5 doz	6,88 ^d	1,209	0,156
1 doz	6,15 ^{bc}	1,325	0,171
1.5 doz	6,60 ^{cd}	1,291	0,167
2 doz	5,90 ^b	1,374	0,177

a,b,c,d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir.

Katlamasız tohum sayısı ortalamaları kontrol grubunda 6,88 ile 4,77 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 6). Yapılan bir çalışmada hormon doz uygulamalarının hıyarda ortalama tohum çıkışına etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Hacıbektaşoğlu 2011). Gökçek (2014) tarafından yapılan çalışmada, horum karadut çeşidinin odun çeliklerinin köklendirilmesinde 8000 ppm IBA uygulamasının köklenme, kök sayısı, kök uzunluğu ve fidan üretiminde kullanılabilir çelik sayısı için en uygun büyüme düzenleyici dozu olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayılarına ait varyans tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	160,553	4	40,138	23,384	0,000
Within Groups	506,367	295	1,716		
Total	666,920	299			

Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 7). Hacıbektaşoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, hormon uygulama dozlarının hıyar genotiplerinde ortalama çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Daha önce yapılmış olan başka bir çalışmada ise, uygulanan ön işlemlerin (hormon uygulaması) defne fidanlarının gelişimi üzerine istatistiki açıdan anlamlı etkilerde bulunduğu tespit edilmiştir (Ertekin vd 2009). Okatan 2017 tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Kara ve Demirhan (2006) tarafından yapılan çalışmada da hormon doz uygulamalarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise hormon dozları arasında asma fidanlarının bazı gelişim parametreleri arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Tekeli 2014).

Tablo 9. Çeşitler itibariyle farklı hormon ve farklı doz uygulamaları itibariyle katlamasız tohum sayısı

Çeşit	DOZ									
	Kontrol		0.5		1		1.5		2	
	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U	ÖH U	TH U
Besni	2,33	2,33	5,33	4,67	4,33	3,33	4,67	4,33	3,67	3,33
Banazı Karas	4	4	6	6,67	5,33	5,33	5,33	5,67	5	5,33
Köhnü	5,67	5,67	7,33	7,33	6	6,67	7,33	8	7	7
Cardinal	5,33	5,33	7	7,67	6,33	6,67	7,33	7,33	6,67	7
Red Globe	5,67	5,67	7	7,33	7,33	6,67	8	8	6,67	7,33
Müşküle	6	6	8	7,67	7,67	7,33	7	6,33	6,67	6
Öküzgöz ü	4,67	4,67	6,67	6,67	6	6,33	6,33	6,33	5,33	5,67
Boğazker e	3	3	5,67	5,67	5	4,33	6	5,33	4,33	4,33
Mazrone	5,33	5,33	7,67	7,67	7,33	6,33	6,67	7,67	6,33	7
Ağın beyazı	5,67	5,67	8	7,67	7,33	7,33	6,67	7,67	6,33	7

Çeşitler itibariyle farklı hormon ve farklı doz uygulamaları itibariyle katlamasız tohum sayısı değerleri tablo 9'da verilmiştir. Katlamasız tohum sayısı Besni çeşidinde tetstesteron hormonu uygulamasının bütün dozlarında azalmış, Banazı Karası çeşidinde 0.5 doz Testetsteron hormonu

uygulamasında artmış, 1 doz uygulamasında değişmemiş, 1.5 ve 2 doz uygulamasında ise artmıştır. Köhnü çeşidinde 0.5 ve 2 doz Testesteron uygulamasında değişmemiş, 1 ve 1.5 doz uygulamasında ise artmıştır. Sonuç olarak, katlamasız tohum sayısında en yüksek değere Köhnü çeşidi 1.5 doz Testesteron hormonu uygulamasında, Red Globe çeşidinde 1.5 doz her iki hormon uygulamasında, müşküle çeşidinde 0.5 doz östrojen hormonu uygulamasında ve ağır beyazı çeşidinde 0.5 doz östrojen hormonu uygulamasında ulaşmıştır. Besni çeşidi ise her iki hormon uygulamasında da kontrol grubunda en düşük katlamasız tohum sayısına sahip olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katlamasız tohum sayılarının ortalamaları arasındaki farklar çeşitler itibariyle istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Katlamasız tohum sayısı ise en fazla Red Globe (6,97) en az ise Besni çeşidinde (3,83) belirlenmiştir.

Özellikle Testesteron hormonunun katlamasız tohum sayısında az da olsa ortalamayı arttırdığı kanısına varılmıştır. Hormon uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Doz uygulaması itibariyle katlamasız tohum sayıları ortalama değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuş, katlamasız tohum sayısı ortalamaları kontrol grubunda 5,97 ve 4,77 ile en az 7,95 ve 6,88 ile 0.5 doz uygulamasında ise en fazla olarak saptanmıştır.

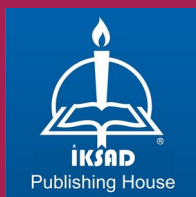
Sonuç olarak; bitkisel üretimde kullanılan çok düşük dozlarda dahi etkili olabilen bitki büyüme düzenleyicilerinin bilinçli kullanımı, kaliteli üretimi yönlendirdiği ve başarılı sonuçlar elde edildiği için son derece önemlidir. Cinsiyet hormonlarının *in vitro* ve *in vivo* şartlarda bitkilere dışarıdan uygulamaları ile ilgili çalışmalar halen daha yeterli düzeyde değildir. Tarımsal üretimde çokça kullanılan bitki büyümesini düzenleyici maddelerinin etkileri ve kullanım alanları artık çok iyi bilinmektedir. Bunlara ilave olarak veya etkisi fazla olabilecek olan cinsiyet hormonlarının kullanımının tarımsal üretime özellikle verim ve kalite artışı yönünden getireceği olumlu etkiler araştırılmalı ve pratikte kullanılabilirliği sağlanmalıdır.

Bilgi: Bu çalışma Vezir YILDIZ'ın Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlamış olduğu Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ağaoğlu, Y. S., Marasalı, B. ve Ergül, A. (1998). Asma ıslahında son gelişmeler. *IV. Bağcılık Sempozyumu*, 20-23 Ekim, Yalova. 9-16 s.
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E., Günver Dalkılıç, G. (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2). 87-95.
- Çelik, H., (1998). Fidanlık Şartlarında ve El İle Çalışan Aşı Makineleriyle Uygulanan Farklı Aşılama Yöntemlerinin Aşıda Başarı Üzerine Etkileri. *IV. Bağcılık Sempozyumu Bildirileri*. 362367. 20-23 Ekim 1998, Yalova.
- Çelik, H., Çelik, S., Kunter, B. M., Söylemezoğlu, G., Boz, Y., Özer, C. ve Atak, A. (2005). Bağcılıkta gelişme ve üretim hedefleri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. 3-7 Ocak 2005, Ankara. 565-588 s.
- Çetin, V. (2002) Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (2) 40-50.
- Fidan, Y. (1985). Özel Bağcılık. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 930, Ders Kitabı No: 265. 401 s.
- Fidan, Y. ve Eriş, A. (1975). Üzüm çekirdeklerinin dış ve iç yapılarının bazı özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yıllığı* 24 (1-2): 21-37.
- Fidan, Y., ve İ. Yavaş. (1987). Yeni Bağcılığa Geçiş. *A.Ü. Ziraat Fak.*, Ankara.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Geneve, R. L. Jr. (2002) Plant Propagation, Principles and Practices. *7th Edition, Prentice Hall*, New Jersey, 880.
- Karakurt; H., Aslantaş, R., Eşitken, A. 2010. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerine etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 115-128
- Kelen, M. (1994). Bazı uygulamaların aşılı köklü asma fidanı üretiminde fidan kalite ve randımanı üzerine etkileri ile aşı kaynaşmasının anatomik ve histolojik olarak incelenmesi üzerine araştırmalar. *Y.Y.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 131 S, Van.
- Uslu, İ., Samancı, H., Demiray, T. ve Gökçay, E. (1995). Melezleme yoluyla sofralık yeni üzüm çeşitlerinin elde edilmesi. *Bilimsel Araştırma ve İncelemeler Yayın No 56*. Atatürk Bahçe

- Ünyayar, S. ve Ş. F. Topçuoğlu. (1998). Phanerochaete chrysosporium ME 446'dan elde edilen indol-3-asetik asit (IAA), gibberalisk asit (GA3), absisik asit (ABA) ve zeatin'in biyolojik aktivitelerinin tayini. *Tr. J. Of Biology*, 22, 29-42.
- Yüce, B. (1979). Zeytin tohumlarının değişik ortam ve zamanlarda çimlendirmesinin çimlenme yüzdesine etkileri. <http://www.magicfinger.net/>.



ISBN: 978-625-378-069-2