



ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR XIII

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Alamettin BAYAV

Dr. Ayşe Vildan PEPE



İKSAD
Publishing House

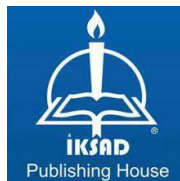
ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR XIII

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Alamettin BAYAV
Dr. Ayşe Vildan PEPE

YAZARLAR

Prof. Dr. Mehmet POLAT
Prof. Dr. Havva Eylem POLAT
Doç. Dr. Damla ÖZSAYIN
Doç. Dr. Halit Deniz ŞİRELİ
Doç. Dr. Hülya AKAT
Doç. Dr. Özcan ÇAĞLAR
Doç. Dr. Özlem AKAT SARAÇOĞLU
Doç. Dr. Neriman Tuba BARLAS
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL
Dr. Öğr. Üyesi Kenan KILIÇ
Arş. Gör. Dr. Murat TURAN
Dr. Ayşe Vildan PEPE
Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ
Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK
Dr. Sinan BAYRAM
Öğr. Gör. İshak BAYYİĞİT
Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN
Arş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM
Zir. Yük. Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK
Zir. Yük. Müh. Fırat BÜLBÜLLER
Zir. Yük. Müh. İrfan İNAN



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-308-2

Cover Design: İbrahim KAYA

September / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

MİKRO BESİN ELEMENTLERİNİN TURUNÇGİL MEYVE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ BELİRLEYİCİ ETKİLERİ

Doç. Dr. Neriman Tuba BARLAS.....3

BÖLÜM 2

BUĞDAY ISLAHINDA KURAKLIK TOLERANSINI ARTTIRMAYA YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. Özcan ÇAĞLAR

Dr. Sinan BAYRAM.....15

BÖLÜM 3

BAZI ODUNSU MEYVE TÜRLERİNİN PEYZAJ ÇALIŞMALARINDA YENİLEBİLİR SÜS BİTKİSİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK.....53

BÖLÜM 4

PASSİFLORA YETİŞTİRİCİLİĞİ VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Ayşe Vildan PEPE.....75

BÖLÜM 5

TÜRKİYE'DE BÜYÜKBAŞ VE KÜÇÜKBAŞ HAYVAN HAYAT SİGORTASI UYGULAMALARI

Doç. Dr. Damla ÖZSAYIN.....89

BÖLÜM 6

KÜLTÜREL MİRAS KAVŞAĞINDA MEYVELER

Öğr. Gör. İshak BAYYİĞİT.....111

BÖLÜM 7

SASKATOON MEYVESİ (*Amelanchier alnifolia* Nutt. ex M. Roem) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Prof. Dr. Mehmet POLAT

Zir. Yük. Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK

Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ

Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN.....129

BÖLÜM 8

BÜYÜKBAŞ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE KUŞ VE KARASİNEK İSTİLALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: NEDENLERİ, ETKİLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Arş. Gör. Dr. Murat TURAN

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL

Doç. Dr. Halit Deniz ŞİRELİ

Zir. Yük. Müh. İrfan İNAN

Zir. Yük. Müh. Fırat BÜLBÜLLER.....163

BÖLÜM 9

AĞAÇ İŞLERİ SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ENDÜSTRİYEL İNOVASYON

Dr. Öğr. Üyesi Kenan KILIÇ.....175

BÖLÜM 10

SÜS BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZ STRESİNİ AZALTMAYA YÖNELİK GELİŞTİRİLEN STRATEJİLER

Doç. Dr. Özlem AKAT SARAÇOĞLU

Doç. Dr. Hülya AKAT.....199

BÖLÜM 11

KONYA – CİHANBEYLİ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN MEKÂNSAL ANALİZİ VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM

Prof. Dr. Havva Eylem POLAT.....241

ÖNSÖZ

Tarım, orman ve su ürünleri bilimleri; insanlığın doğayla kurduğu ilişkinin köklü, sürdürülebilir ve çok boyutlu yönlerini inceleyen temel disiplinlerdir. Bu alanlar, yalnızca gıda güvenliğini sağlamakla kalmayıp ekosistemlerin korunması, doğal kaynakların etkin yönetimi ve ekonomik kalkınmanın desteklenmesi gibi geniş bir yelpazede kritik katkılar sunmaktadır. Günümüzde bilimsel araştırmalar, doğal kaynakların en verimli ve sürdürülebilir biçimde kullanılmasına rehberlik etmekte; bu nedenle akademik çalışmaların değeri her geçen gün daha da artmaktadır. Elinizdeki bu eser, ziraat, orman ve su ürünleri alanındaki güncel araştırmaları bir araya getirerek akademisyenler, araştırmacılar ve uygulayıcılar için kapsamlı bir başvuru kaynağı sunmayı amaçlamaktadır.

Bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlara içten teşekkürlerimizi sunarız. Bilimsel bilginin ışığında hazırlanan bu eserin, yeni araştırmalara ilham kaynağı olmasını, uygulamada rehberlik etmesini ve toplum ile doğa yararına kalıcı etkiler bırakmasını temenni ediyoruz. Kitabın, tarım, orman ve su ürünleri alanında çalışan akademisyenlere, öğrencilere ve uygulayıcılara değerli bir kaynak olacağına yürekten inanıyor, bilgi birikimine yeni katkılar sunmasını diliyoruz.

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Alamettin BAYAV¹

Dr. Ayşe Vildan PEPE²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Orcid ID: 0000-0002-8093-2988, E-Mail: alamettinbayav@isparta.edu.tr

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Orcid ID: 0000-0002-4565-8602, E-Mail: aysepepe@isparta.edu.tr

BÖLÜM 1

MİKRO BESİN ELEMENTLERİNİN TURUNÇGİL MEYVE KALİTESİ ÜZERİNDEKİ BELİRLEYİCİ ETKİLERİ

Doç. Dr. Neriman Tuba BARLAS^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161405>

¹ Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Sorumlu yazar: tuba.barlas@ege.edu.tr Orcid id: 0000-0002-2971-4977

1. Giriş

Turunçgiller (Citrus spp.), dünya genelinde ekonomik değeri en yüksek meyve türleri arasında yer almakta ve insan beslenmesinde önemli miktarda vitamin, karbonhidrat, organik asit ve fenolik bileşik kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Meyve kalitesi; genetik yapı, çevresel faktörler ve besin elementleri yönetimi ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle mikro besin elementleri (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, Cl, Ni), turunçgil ağaçlarında büyüme, fotosentez, enzimatik aktiviteler, polen canlılığı, meyve tutumu, renklenme, şeker-asit dengesi ve biyokimyasal bileşiklerin sentezinde kritik roller üstlenmektedir. Eksiklik veya fazlalık durumları hem verim hem de meyve kalitesinde önemli bozulmalara yol açabilmektedir.

2. Mikro Besin Elementlerinin Genel Rolü

Mikro besin elementleri turunçgil meyve kalitesinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamakla birlikte turunçgillerde hem besin elementi değerlerini hem de fiziksel özelliklerini etkilemektedir (Çizelge 1).

Mikro Besin Elementlerinin Etki Mekanizmaları

- **Besin Elementi İçeriği ve İçsel Kalite:** Bor (B), demir (Fe), çinko (Zn) gibi mikro besin elementlerinin yeterli düzeyde sağlanması, turunçgil meyvelerinde toplam çözünebilir katı madde (TSS), titre edilebilir asitlik (TA) ve genel besin değerini artırmaktadır. Eksiklik durumlarında kök salgılarında değişimler meydana gelmekte; hastalık direnci ve besin alımıyla ilişkili metabolitlerin sekresyonu artarak meyve kalitesini dolaylı biçimde etkileyebilmektedir (Tang ve ark., 2024).
- **Meyve Kısımlarında Dağılım:** Mikro besinlerin yoğunluğu ve dağılımı meyve dokuları (kabuk, et, çekirdek) arasında farklılık göstermektedir. Bu durum C vitamini, asitlik ve çözünür katı madde içeriklerini etkilemektedir. Örneğin, Zn ve Cu çekirdekte daha yüksek konsantrasyonda bulunurken; Fe kabukta yoğunlaşmaktadır. Bu dağılım, meyve kalitesinin farklı bileşenlerini düzenlemektedir (Jiao ve ark., 2023).
- **Temel Mikro Besin Elementleri:** Her ne kadar çinko en fazla çalışılan element olsa da; meyve kütlesi ve su oranı üzerinde en belirgin olumlu etkiyi borun göstermekte olduğu belirtilmektedir. Ayrıca

makro besinlerden potasyum da (K) meyve iriliği ve kalitesi üzerinde güçlü etkiler oluşturduğu bilinmektedir (Aular ve ark., 2017; Barlas, 2022; 2025; Barlas and Kadyampakeni, 2023).

3. Mikro Besin Elementlerinin Turunçgil Meyve Kalitesi Üzerindeki Başlıca Etkileri

3.1. Demir (Fe)

Demir (Fe), turunçgil bitkilerinde fotosentetik pigmentlerin sentezi, solunum süreçleri ve oksidoredüktaz enzimlerinin işleyişi için vazgeçilmez bir mikro elementtir. Yapılan araştırmalarda, yapraktan uygulanan nano-demir ve şelatlı demir formlarının portakal ağaçlarında toplam çözünebilir katı madde (TSS) oranını %18,5 düzeyinde artırdığı ve meyve veriminde %32'ye varan artış sağladığı rapor edilmiştir (El-Gioushy ve ark., 2021), (Çizelge 1).

Demir yetersizliği, bitkide damarlararası sararma ile belirlenmektedir ve bu durum meyve kalitesi parametrelerini de olumsuz etkilemektedir. Nitekim, eksiklik koşullarında turunçgil meyvelerinde C vitamini (askorbik asit) ve organik asit içeriklerinde azalma gözlenmekte, ayrıca demirin kabuk dokusunda birikmesi nedeniyle kabuk rengi ve bütünlüğünde bozulmalar gözlemlenebilmektedir (Jiao ve ark., 2023).

3.2. Çinko (Zn)

Çinko (Zn), protein sentezi, auxin (IAA) metabolizması ve hücre membranı stabilitesi açısından temel bir mikro besin elementidir. Sürgün gelişimi ve meyve tutumu üzerinde düzenleyici rol oynamakta, özellikle indol-3-asetik asit (IAA) biyosentezine katkısı nedeniyle vegetatif ve generatif büyümede kritik işlev üstlenmektedir. Araştırmalar, Zn uygulamalarının turunçgil meyvelerinde çap, ağırlık ve su içeriğini artırdığını; TSS, askorbik asit ve şeker/asit oranını iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Arshad ve ark., 2024; Kumar ve ark., 2024). Bunun yanı sıra, humik asit ile kombine edilen Zn uygulamalarının raf ömrünü uzattığı ve depolama süresince askorbik asit kayıplarını azalttığı bildirilmiştir (Özyağcı, 2020; Rathod ve ark., 2022; Hussain et al., 2022), (Çizelge 1).

Zn eksikliği, turunçgillerde yapraklarda rozetleşme, küçük meyve oluşumu ve kalite düşüşü ile karakterize edilmekte, bu da pazar değerinde belirgin kayıplara yol açmaktadır. Ayrıca Zn'nin çekirdek dokularında yüksek

konsantrasyonlarda bulunması, generatif organların gelişiminde özel bir rol üstlendiğini göstermektedir (Karataş ve ark., 2022; Jiao ve ark., 2023; Tang ve ark., 2024; Mertoğlu ve ark., 2025).

3.3. Mangan (Mn)

Mangan (Mn), fotosistem II’de suyun fotolizinde görev alarak fotosentetik elektron taşınım zincirinde kritik rol üstlenmektedir. Ayrıca karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesi ve organik asit dengesinin sağlanmasında etkin bir mikro elementtir. Turunçgillerde Mn uygulamalarının, özellikle Zn ile kombine edildiğinde meyve çapı, ağırlığı, su oranı, toplam çözünebilir katı madde (TSS) ve askorbik asit içeriğinde belirgin artış sağladığı rapor edilmektedir (Hussain ve ark., 2022; Kumar ve ark., 2024), (Çizelge 1).

Yeterli düzeyde Mn beslenmesi, meyve suyunun hacmi ve renk gelişimi üzerinde de olumlu etki göstermekte; TSS ve asitlik oranının dengelenmesine katkıda bulunmaktadır. Buna karşın, Mn eksikliği yapraklarda damarlararası sararma, meyvelerde düşük şeker içeriği ve asidite dengesizlikleri ile kendini göstermektedir (Aular ve ark., 2017).

3.4. Bakır (Cu)

Bakır (Cu), lignin biyosentezi ve polifenol oksidaz gibi oksidatif enzimlerin aktivasyonu için gerekli bir mikro besin elementidir. Fenolik bileşiklerin metabolizmasında ve oksidatif enzimlerin kofaktörü olarak işlev görmesi nedeniyle, hem vejetatif hem de generatif gelişim süreçlerinde kritik rol oynamaktadır. Turunçgillerde uygun Cu düzeyleri, aroma bileşiklerinin sentezini ve meyve kalitesini desteklerken; yetersizlik durumunda kabuk yapısında zayıflama, çatlama eğilimi ve patojenlere duyarlılık gözlenmektedir. Ayrıca Cu’nun çekirdek dokularında yüksek düzeyde birikmesi, tohum gelişimi ve generatif organların kalitesi açısından önemli olduğunu göstermektedir (Tang ve ark., 2024), (Çizelge 1).

Buna karşın aşırı Cu birikimi, toplam çözünebilir katı madde (TSS) değerini düşürmekte, meyve asitliğini artırmakta ve tadı olumsuz

etkilemektedir (Mo ve ark., 2022). Fazlalık aynı zamanda oksidatif stres, yaprak klorozu ve kök sisteminde fizyolojik bozulmalarla sonuçlanabilmektedir (Giannakoula ve ark., 2021).

3.5. Bor (B)

Bor (B), hücre duvarı yapısında pektinlerin stabilizasyonu, karbonhidrat ve şeker taşınımı ile polen canlılığının sürdürülmesinde temel rol oynamaktadır. Bu nedenle hem vejetatif büyüme hem de generatif gelişim süreçlerinde kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar, yaprakta B uygulamalarının portakalda verimi %35'e kadar artırabildiğini ortaya koymuştur (Karim ve ark., 1996). Ayrıca borun, fenolik bileşikler ve askorbik asit düzeylerini yükselterek meyvenin antioksidan kapasitesini güçlendirdiği bildirilmektedir (Ullah ve ark., 2012), (Çizelge 1).

Borun yeterli düzeyde bulunması, turuncgillerde meyve kütlesi, su içeriği ve kabuk kalitesinin korunması açısından belirleyicidir. Eksiklik durumunda küçük, şekilsiz ve sert kabuklu meyveler oluşmakta, aynı zamanda deformasyonlar ve düşük pazar kalitesi gözlenmektedir. Fazlalık ise fizyolojik toksisiteye yol açmakta; meyve dökümünü artırarak üretim kayıplarına neden olmakta ve yüzeyde morfolojik anormalliklere sebep olabilmektedir (Yang ve ark., 2021; Aular ve ark., 2017).

3.6. Molibden (Mo)

Molibden (Mo), nitrat redüktaz enziminin kofaktörü olarak azot metabolizmasında temel bir rol üstlenmektedir. Bu işlevi sayesinde nitratin amonyuma indirgenmesini kolaylaştırarak azotun etkin kullanımını, protein sentezini ve dolayısıyla meyvenin besin değerini desteklemektedir. Molibden eksikliğinde azot metabolizması zayıflamakta, protein sentezi azalmakta ve meyve kalitesi olumsuz etkilenmektedir (Çizelge 1).

Turuncgil yetiştiriciliğinde Mo üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, hasat sonrası daldırma uygulamalarında Mo tuzlarının

Penicillium spp. kaynaklı yeşil ve mavi küf hastalıklarını baskıladığı bildirilmiştir (Palou ve ark., 2002). Bununla birlikte, yüksek doz Mo uygulamaları fitotoksositeye neden olmakta, kabukta lekelenmeler ve kalite kayıpları oluşturabilmektedir. Molibden beslemesinin yeterli düzeyde sağlanması, özellikle azot gübrelmesi ile birlikte ele alındığında, meyve besin içeriği ve kalite parametrelerinde iyileşmelere katkı sağlamakta olduğu ifade edilmektedir (Tang ve ark., 2024).

Çizelge 1. Mikro besin elementlerinin turuncgil meyve kalitesi parametrelerine etkileri

Element	Temel Fizyolojik Rolü	Meyve Kalitesi Üzerindeki Etkisi	Eksiklik Belirtileri	Fazlalık Belirtileri	Kaynaklar
Fe	Klorofil biyosentezi, elektron taşıma	↑ TSS, ↑ verim, ↑ renklenme	Yaprak damar arası kloroz, düşük TSS	—	El-Gioushy et al. (2021), Kamalizadeh et al. (2024)
Zn	IAA sentezi, enzim aktivasyonu	↑ meyve iriliği, ↑ C vitamini, ↑ raf ömrü	Küçük yaprak, düşük meyve suyu oranı	—	Arshad et al. (2024), Kumar et al. (2024)
Mn	Fotosistem II, karotenoid sentezi	↑ TSS, ↑ C vitamini, ↑ renklenme	Benekli kloroz, düşük fotosentez	—	Hussain et al. (2022)
Cu	Lignin sentezi, antioksidan enzimler	↑ aroma, ↑ kabuk sertliği	Zamklanma, çiçek dökümü	↓ TSS, ↑ asitlik, oksidatif stres	Mo et al. (2022)
B	Hücre duvarı stabilitesi, polen canlılığı	↑ meyve tutumu, ↑ verim, ↑ antioksidan kapasite	Meyve şekil bozukluğu, kabuk çatlaması	Meyve dökümü	Karim et al. (1996), Ullah et al. (2012)
Mo	Nitrat redüktaz aktivasyonu	↓ hasat sonrası çürüme	Polen canlılığında azalma	Fitotoksosite, kabuk lekelenmesi	Palou et al. (2002)

4. Sonuç

Turunçgil yetiştiriciliğinde mikro besin elementleri, yalnızca fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinde değil, aynı zamanda ürünün ticari değerinin belirlenmesinde de stratejik öneme sahiptir. Bu elementlerin meyve kalitesine yönelik etkileri incelendiğinde, her birinin özgün mekanizmalar üzerinden kalite parametrelerini şekillendirdiği görülmektedir. Dolayısıyla mikro besinlerin rolü, klasik beslenme etkilerinin ötesinde; hasat sonrası dayanıklılık, raf ömrü, antioksidan kapasite ve duyuusal özelliklerin geliştirilmesi boyutlarını da kapsamaktadır.

Güncel araştırmalar, mikro besin elementlerinin tekil uygulamalarının yanı sıra, kombinasyonlarının da meyve kalitesinde sinerjik etkiler oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Bu durum, mikro besin yönetiminin sadece eksikliklerin giderilmesine yönelik klasik yaklaşımın ötesinde, kalite optimizasyonunu hedefleyen bütüncül stratejilere yönelmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca çevresel faktörler, anaç farklılıkları ve gübreleme yöntemleri gibi parametreler de elementlerin etkinliğini önemli ölçüde şekillendirmekte olup, mikro besin uygulamalarının yerel koşullara uyarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu bağlamda turunçgil üretiminde sürdürülebilir ve rekabetçi bir modelin inşası için mikro besin yönetiminin entegre gübreleme programlarına dâhil edilmesi kritik görülmektedir. Böylece hem üretici açısından verim ve kalite artışı sağlanabilecek hem de tüketici taleplerine uygun yüksek besin değerine sahip ürünler elde edilebilecektir. Sonuç olarak, mikro besin elementlerinin bilimsel temelli ve hassas dozlarla yönetimi, turunçgil sektöründe uzun vadeli kalite güvencesi ve uluslararası pazarda sürdürülebilir rekabet gücünün anahtarı olarak değerlendirilmektedir.

5. Kaynaklar

- Arshad, I., Saleem, M., Akhtar, M., Shani, M., Farid, G., Jarecki, W., & Ashraf, M. (2024). Enhancing fruit retention and juice quality in ‘Kinnow’ (*Citrus reticulata*) through the combined foliar application of potassium, zinc, and plant growth regulators. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121245>
- Aular, J., Cásares, M., & Natale, W. (2017). Factors affecting citrus fruit quality: Emphasis on mineral nutrition. *Cientifica*, 45 (1), 64-72. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017V45N1P64-72>
- Barlas, N. T. (2022). Citrus response to various foliar potassium treatments. *Journal of Plant Nutrition*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2105714>.
- Barlas, N. T., & Kadyampakeni, D. (2023). Citrus responses to nutritional imbalance. In M. M. Rehman & M. Iqbal (Eds.), *Citrus: Soil–plant–water–climate continuum* (Chap. 14). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003119852-14>.
- Barlas, N.T. (2025). Turunçgillerde Makro Besin Elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg) Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar X1* (Edt. V. Bayyavaş). 167 s. , ss.103-122. ISBN: 978-625-378-275-7 Ankara, Türkiye.
- El-Gioushy, S., Ding, Z., Bahloul, A., Gawish, M., Ghit, H., Abdelaziz, A., El-Desouky, H., Sami, R., Khojah, E., Hashim, T., Kheir, A., & Zewail, R. (2021). Foliar application of nano, chelated, and conventional iron forms enhanced growth, nutritional status, fruiting aspects, and fruit quality of Washington navel orange trees (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Plants*, 10. <https://doi.org/10.3390/plants10122577>
- Giannakoula, A., Therios, I., & Chatzissavvidis, C. (2021). Effect of lead and copper on photosynthetic apparatus in citrus (*Citrus aurantium* L.) plants. The Role of Antioxidants in Oxidative Damage as a Response to Heavy Metal Stress. *Plants*, 10. <https://doi.org/10.3390/plants10010155>
- Hussain, Z., Iftikhar, Y., Mubeen, M., Saleem, M., Naseer, M., Luqman, M., Anwar, R., Khadija, F., & Abbas, A. (2022). Application of micronutrients enhances the quality of Kinnow mandarin infected by

- citrus greening disease (Huanglongbing). *Sarhad Journal of Agriculture*. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2022/38.1.360.371>
- Jiao, Y., Zhang, S., Jin, H., Wang, Y., Jia, Y., Zhang, H., Jiang, Y., Liao, W., Chen, L., & Guo, J. (2023). *Fruit quality assessment based on mineral elements and juice properties in nine citrus cultivars*. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1280495>
 - Kamalizadeh, M., Shafiei, S., Hamidpour, M., Shekofteh, H., & Alavi-Siney, S. (2024). Iron distribution in the rhizosphere of citrus rootstocks: Exploring the impact on plant uptake and bioaccumulation. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01992-7>
 - KARATAŞ, N., KARABIYIK, Şenay ., & ETİ, S. . (2022). Effects of Different Treatments on Decreasing Fruit Drop Rate on Kutdiken Lemon Cultivar. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 360–367. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol6iss2id297>
 - Karim, M. R., Wright, G. C., & Taylor, K. C. (1996). Effect of Foliar Boron on Fruit Yield and Quality of Citrus sinensis cv. Hamlin. *HortScience*, 31(4), 671d–671. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.4.671d>
 - Kumar, D., Singh, G., Singh, N., & Rani, M. (2024). Effect of Foliar Spray of Zinc and Manganese on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Kinnow Mandarin (Citrus reticulata). *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2024/v24i7523>
 - MERTOĞLU, K., ESKİMEZ , İlknur ., ŞENLİK , F. N. ., & UYGUR , V. . (2025). Effects of Different Cultivation Systems and Fruit Parts on Mineral Composition: a Case Study on Kumquat. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1), 203–211. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14617141>
 - Mo, X., Chen, C., Riaz, M., Moussa, M., Chen, X., Wu, S., Tan, Q., Sun, X., Zhao, X., Shi, L., & Hu, C. (2022). Fruit characteristics of citrus trees grown under different soil Cu levels. *Plants*, 11. <https://doi.org/10.3390/plants11212943>
 - Palou, L., Usall, J., Smilanick, J., Aguilar, M., & Viñas, I. (2002). Evaluation of food additives and low-toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on

- citrus fruit. *Pest Management Science*, 58(5), 459–466.
<https://doi.org/10.1002/PS.477>
- Rathod, K., Patel, V., & Nisar, S. (2022). Effect of humic acid and zinc sulphate on fruit quality and post-harvest life of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *The Pharma Innovation Journal* 2022; 11(5): 1827-1833
 - Tang, Y., Lou, W., Yan, X., Li, S., Wang, P., Zhou, Y., Zhan, T., Zhang, S., Hu, C., Wang, X., Liu, H., Tan, Q., & Zhao, X. (2024). The pivotal role of secondary nutrients and micronutrients in regulating fruit quality and root exudates metabolism profile of citrus. *Plant and Soil*.
<https://doi.org/10.1007/s11104-024-06497-x>
 - Ullah, S., Khan, A., Malik, A., Afzal, I., Shahid, M., & Razzaq, K. (2012). Foliar Application Of Boron Influences The Leaf Mineral Status, Vegetative And Reproductive Growth, Yield And Fruit Quality Of ‘Kinnow’ Mandarin (*Citrus Reticulata* Blanco.). *Journal of Plant Nutrition*, 35, 2067 - 2079.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2012.717661>
 - Yang, L., Pan, J., Hu, N., Chen, H., Jiang, H., Lu, Y., & Chen, L. (2021). Citrus Physiological and Molecular Response to Boron Stresses. *Plants*, 11.
<https://doi.org/10.3390/plants11010040>
 - Gülen ÖZYAZICI. (2020). Effect of Zinc Doses on Yield and Quality in Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Plant. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 550–564.
<https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol4iss3pp550-564>

BÖLÜM 2

BUĞDAY ISLAHINDA KURAKLIK TOLERANSINI ARTTIRMAYA YÖNELİK GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. Özcan ÇAĞLAR¹

Dr. Sinan BAYRAM²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161422>

¹ Iğdır Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Iğdır, Türkiye. ozcan.caglar@igdir.edu.tr Orcid No: 0000-0002-7886-5157

² Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Islah ve Genetik Bölümü, Serin İklim Tahılları Şubesi, Sakarya, Türkiye. sinan.bayram@tarimorman.gov.tr Orcid No: 0000-0002-1010-4263

1. GİRİŞ

Kuraklık, buğday verimini etkileyen en kritik abiyotik stres faktörlerinden biridir. Özellikle yüksek sıcaklıkların ve kuraklık koşullarının birlikte görüldüğü senaryoların, gelecekte buğday üretimi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olacağı öngörülmektedir (Heino ve ark., 2023). Geçmiş verim kayıtlarının analizi ve simülasyon modeli tahminleri, özellikle 25°C üzerinde seyreden sıcaklıklarda ve buğdayın çimlenme, kardeşlenme, çiçeklenme veya tane dolumu gibi hassas gelişim evrelerinde karşılaşılan kuraklığın, üretim üzerinde ciddi riskler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Yu ve ark., 2018; Senapati ve ark., 2021; Xu ve ark., 2022). Bu bağlamda, tekrarlayan su açığı, küresel ölçekte buğday veriminde yaşanan düşüşlerin temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Mwadzingeni ve ark., 2016).

Küresel buğday üretimi, iklim değişikliğine bağlı olarak artması beklenen tekrarlayan kuraklık olayları nedeniyle ciddi bir tehdit altındadır (Li ve ark., 2009). Bu tehdidin bertaraf edilmesinde en etkili stratejilerden biri, kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesidir. Ancak kuraklığa dayanıklılık, genetik açıdan son derece karmaşık bir özelliktir; zira bu özellik, çoğu küçük etkilere sahip çok sayıda gen tarafından kontrol edilmektedir. Kuraklığa dayanıklılıkla ilişkili genlerin bir kısmı, eklemeli (additive) ve interaktif gen etkileri sergileyen kantitatif özellik lokusları (QTL-Quantitative Trait Loci) şeklinde tanımlanmaktadır. Kuraklığa dayanıklılık özelliği, çok sayıda genin etkisi ve çevresel faktörlerle olan güçlü etkileşimleri nedeniyle genellikle düşük kalıtım derecesi gösterir (Khakwani ve ark., 2012). Bu zorluklara rağmen, buğday popülasyonları içinde ve arasında gözlemlenen genetik çeşitliliğin belirlenmesi, buğdayın genetik yapısının anlaşılması ve kuraklığa dayanıklılık gibi niceliksel özelliklerin iyileştirilmesine yönelik ıslah çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Özellikle buğdayın kökenine ve çeşitliliğin merkezlerine ait germplazmaların değerlendirilmesi, daha geniş genetik varyasyonların keşfedilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Dvorak ve ark., 2011).

Buğdayın kuraklık toleransını artırmayı amaçlayan araştırma programları, stres toleransında etkili genlerin ifade düzeylerini inceleyen kapsamlı genetik analizleri içermektedir. Bu çalışmalarda, farklı kuraklık senaryoları altında verimliliği artırmak için fizyolojik özelliklerin entegrasyonu ve seçilmiş bireyler üzerinde doğrudan seleksiyon uygulanması gibi stratejilere

başvurulmuştur. Ancak bu yöntemler her zaman istenen başarı düzeyine ulaşamamış, bazı beklentiler sınırlı ölçüde karşılanabilmiştir (Langridge ve Reynolds, 2021). Bu bağlamda, buğdayın kuraklık stresine karşı genetik ve moleküler düzeyde verdiği tepkilerin daha iyi anlaşılması kritik önem taşımaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu tepkiyle ilişkili yeni fenotipik ve fotosentetik özelliklerin keşfinin, yüksek verimli ve kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesini büyük ölçüde kolaylaştıracağını göstermektedir (Koua ve ark., 2022).

Buğdayın kuraklığa karşı verdiği tepkileri anlayabilmek için, genetik kaynakların çeşitliliği ve bu kaynakların stres koşullarındaki performansları üzerine yapılan çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Özellikle farklı ekosistemlerden toplanan genotipler aracılığıyla yürütülen çalışmalar, kuraklık toleransının altında yatan fizyolojik, moleküler ve fenotipik mekanizmaların ortaya konmasına olanak sağlamaktadır (Li ve ark., 2021). Bu yaklaşım, sadece kuraklığa dayanıklı yeni çeşitlerin geliştirilmesini değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarım politikalarının desteklenmesini de mümkün kılmaktadır.

2. BUĞDAYDA KURAKLIK STRESİ VE DAYANIKLIK DURUMU

Kuraklık stresinin buğday verimi üzerindeki etkisi; yetiştirilen bölgeye, kullanılan ürün ve çeşide, aynı zamanda yüksek sıcaklık gibi diğer abiyotik stres faktörlerinin varlığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Buğdayda kuraklık kaynaklı verim kaybı, çoğunlukla stres döneminin şiddeti ve süresiyle yakından ilişkilidir (Mohammadi, 2018). 2006 yılında Avustralya’da kuraklık koşulları, buğday üretimini %46 oranında azaltarak önemli ölçüde verim düşüşüne neden olmuştur (van Dijk ve ark., 2013). Sırbistan’da, kardeşlenme döneminden olgunluğa kadar süren kuraklık stresinin verim üzerine etkisi %22 ile %58 arasında değişkenlik göstermiştir (Dodig ve ark., 2012). Benzer şekilde Pakistan’da, buğdayın yaklaşık %33’ünün kuraklıktan ciddi şekilde etkilendiği tahmin edilmektedir (Mohammadi, 2018). Başaklanma döneminden olgunluğa kadar devam eden kuraklık stresinin, ekmeklik buğdayda verim kaybına etkisi; İran’da %37 (Shamsi ve ark., 2010), Macaristan’da %57 (Balla ve ark., 2011) ve ABD’de %44 (Prasad ve ark., 2011) olarak raporlanmıştır.

Buğdayda genetik çeşitliliğin temel kaynakları arasında yer alan kuraklığa dayanıklı çeşitler ve yerel ırklar; melez uyumlulukları, geniş ekolojik

adaptasyon yetenekleri ile çiftçi ve tüketiciler tarafından tercih edilen özellikleri bünyelerinde barındırmaları sayesinde ıslah çalışmalarında öncelikli adaylar olarak değerlendirilmektedir (Alexander ve ark., 2012).

Birincil genetik çeşitlilik kaynağı olarak, ıslah edilmiş buğday genotiplerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Zira yabani akrabalar ve yerel çeşitler ile yapılan melezlemelerde, istenmeyen genlerin ve nadir alellerin eş kalıtımıyla ilişkili olarak ortaya çıkabilen bağlantı sürüklenmesi (linkage drag), ıslah edilmiş genotiplere kıyasla daha yüksek oranda gözlenebilir. Dünya genelinde bildirilen kuraklığa dayanıklı buğday çeşitleri oldukça sınırlıdır. Ancak mevcut genetik stoklar arasında yer alan Dharwar Dry, Krichauff ve RAC875 gibi genotipler; haritalama çalışmaları, popülasyon geliştirme ve kuraklığa dayanıklılık temelli ıslah programlarında yaygın biçimde kullanılmaktadır (Balouchi, 2010).

Dünyanın farklı ekolojik bölgelerinde yürütülen çalışmalar sonucunda, kuraklık stresine karşı dayanıklılık gösteren çeşitli buğday genetik materyalleri tanımlanmıştır. Bu materyaller arasında hem yerel genotipler hem de modern ıslah programlarıyla geliştirilmiş tescilli çeşitler bulunmaktadır. Seleksiyon süreçlerinde kuraklık toleransı indeksleri, agronomik performans, fizyolojik dayanıklılık ve çevresel adaptasyon kabiliyeti gibi kriterler esas alınmıştır. Aşağıda bazı örnekler sunulmuştur:

İran: Kuraklık toleransı indeksleri ile seçilen genotipler: WC-4937, WC-4924, WC-4888, WC-4823, WC-4992, WC-4995, WC-Shahryar. Ayrıca, tane verimi ve verim indekslerine göre belirlenen genotipler: WC-4931, WC-47399, WC-47360, WC-4530 (Farshadfar ve Elyasi, 2012).

Sırbistan: BL ve U serilerine ait çok sayıda genotip, kuraklık toleransı indekslerine göre seçilmiştir: BL-1, BL-11, BL-21, BL-49, U-1, U-2 (Dodig ve ark., 2012).

Meksika: Kuraklığa uyum sağlayan tarımsal özellikler, normalize edilmiş vejetatif fark indeksi (NDVI) ile gövde karbonhidrat birikimi esas alınarak seçilen genotipler: MEX94.2.19, MEX94.15.34, MEX94.2.18, PUB94.16.24, PUB94.15.1.12, MEX94.27.1.20, OAX93.24.35 (Reynolds ve ark., 2007).

Yugoslavya: Agronomik performans ve kuraklık duyarlılığı indekslerine göre seçilen genotipler: BL-37, BL-79, BL-31, BL-74, BL-410, BL-109 (Dencic ve ark., 2000).

Türkiye: Kuraklık toleransı indeksleri doğrultusunda seçilen genetik materyaller arasında hem yerel kökenli genotipler hem de tescilli çeşitler yer almaktadır. Örnek: Bayraktar-2000, Gerek-79, Karahan-99, Kırac-66, PL-5, PL-7, Sönmez-2000 (Akçura ve ark., 2011).

Yunanistan: Yeşil kalma süresi ve çevresel adaptasyon özelliklerine göre belirlenen genotipler: M. Aitoloakarnanias, Skliropetra, M. Argolidas, Yecora, Mexicali81, Xylocastro (Koutis ve ark., 2012).

Bu genetik materyaller; ozmotik ayarlama, yeşil kalma süresi, senesens sonrası gövde rezervlerinin mobilizasyonu, yüksek su kullanım etkinliği (WUE) ve erken olgunlaşma gibi çeşitli fizyolojik uyum mekanizmaları ile karakterize edilmektedir. Belirtilen bu uyum sağlayıcı özellikler, söz konusu materyallerin hedef çevresel üretim koşullarına etkin şekilde adapte olabilen buğday çeşitlerinin geliştirilmesinde önemli avantajlar sunmaktadır (Karsai ve ark., 2012).

3. BUĞDAYDA KURAKLIK TOLERANSININ ALTINDA YATAN FİZYOLOJİK MEKANİZMALAR

Buğdayda ıslah yoluyla elde edilen verim artışı, özellikle yeşil kalma süresinin uzamasıyla yükselen asimilat üretiminin tanelere etkin taşınmasıyla mümkün olmuştur (Lichthardt ve ark., 2020). Kuraklık stresinin etkileri, stresin şiddeti, süresi ve zamanlamasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda, stresin ortadan kaldırılması sonrası bitkinin verdiği fizyolojik tepkiler ile kuraklık ve diğer çevresel stres faktörleri arasındaki etkileşim oldukça belirleyicidir. Kuraklığın buğday bitkisi üzerindeki ilk ve en belirgin etkisi, zayıf çimlenme ve düşük bitki örtüsü gelişimidir. Su stresinin çimlenme oranını ve fide gelişimini anlamlı şekilde düşürdüğü raporlanmıştır (Mohammadi, 2018). Ayrıca kuraklık, fotosentetik pigmentlerin ve bileşenlerin konsantrasyonlarında değişimlere yol açmakta (Anjum ve ark., 2003); fotosentetik organlarda yapısal bozulmalar meydana getirmekte ve Calvin döngüsü enzimlerinin aktivitesini baskılayarak ürün veriminde düşüşe sebep olmaktadır (Monakhova ve Chernyadèv, 2002). Kuraklık stresinin fotosentez ve büyüme üzerindeki baskılayıcı etkisi, aynı zamanda hücresel düzeyde reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimi ile kendini göstermektedir. Bu birikim, antioksidan savunma sisteminin yetersiz kaldığı durumlarda oksidatif strese

neden olarak proteinler, zar lipitleri ve diğer hücresele bileşenlerde hasara yol açmaktadır (Reddy ve ark., 2004).

Kullanılabilir su miktarındaki azalma sonucunda bitkiler, büyük olasılıkla ABA (Absisik Asit) sinyalleme yoluyla stomalarını kapatarak transpirasyon kaybını sınırlar. Bu kapanma, yaprak dokularında CO₂ alımını kısıtlar ve fotosentetik karboksilasyonun doğrudan azalmasına neden olur. CO₂ seviyesindeki düşüş, aynı zamanda elektronların alternatif metabolik yollar üzerinden yönlendirilmesine ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunun artmasına zemin hazırlar. Hücre içi su içeriğinin azalması, Rubisco enzimine bağlanmayı engelleyen inhibitörlerin aktivitesini tetikler. Bununla birlikte, döngüsel olmayan elektron taşıma süreci, NADPH üretimine olan azalmış gereksinim doğrultusunda aşağı regüle edilir. Bu durum, kloroplast ATP sentaz aktivitesinin baskılanması ile sonuçlanır ve enerji üretimini sınırlayan önemli bir faktördür (Farooq ve ark., 2009).

Kuraklık koşullarında buğdayın uyum sağlayıcı performansını artıran fizyolojik ve morfolojik mekanizmalar çeşitli çalışmalarda tanımlanmıştır. Örneğin, toprak yüzeyinden nemin buharlaşmasının en aza indirilmesi ve terleme ile büyüme için toprak suyu kullanımının optimize edilmesi, hızlı erken büyümeye katkı sağlamaktadır (Monneveux ve ark., 2012).

Ozmotik denge ve hücresele stres tepkileri açısından, hücrelerde prolin birikimi, reaktif oksijen türlerinin (ROS) seviyesini azaltarak programlanmış hücre ölümünü (PCD) engellemektedir (Chen ve Dickman, 2005). Ayrıca, ABA birikimi, stomal iletkenliği ve hücre bölünmesini azaltıcı etki göstererek su kaybını sınırlandırır (Blum, 2010).

Hücre içi çözünen madde konsantrasyonu, hücrelerin ozmotik ayarlama kapasitesini etkileyerek stres toleransına doğrudan katkı sağlar (Tiware ve ark., 2014). Yaprak kıvrılması, terleme oranını azaltıcı ve foto-inhibisyonu sınırlayıcı etki yaratırken (Reynolds, 2001); başakçık kavuzu tüylenmesi, aynı faydayı göstererek buharlaşmayı düşürmüş ve fotosentetik verimliliği korumuştur (Tiware ve ark., 2014).

Kılçıkların varlığı, özellikle kuraklık koşullarında fotosentez kapasitesini destekleyerek su kullanım etkinliğine (WUE) katkı sağlamaktadır (Rebetzke ve ark., 2016). Ek olarak, yapraklarda gözlenen mumsuluk ve tüylülük özellikleri de terleme oranını azaltarak foto-inhibisyonu sınırlayıcı etki göstermektedir (Izanloo ve ark., 2008).

Kuraklık koşullarında buğdayın fizyolojik dayanıklılığını artıran çeşitli özellikler ve mekanizmalar belirlenmiştir. Örneğin, sapta biriken fruktanlar, karbon ürünlerinin depo edilmesini kolaylaştırarak enerji rezervlerini güçlendirmektedir (Tiwari ve ark., 2014). Bitkideki kül içeriği, stomal iletkenliği ve topraktan su alım kapasitesini etkileyerek su yönetimine katkı sağlamaktadır (Misra ve ark., 2006).

Erken olgunlaşma (erkencilik), buğdayın kuraklık stresinden daha kısa sürede kaçınmasını sağlayarak hayatta kalma olasılığını artırmaktadır (Monneveux ve ark., 2005). Özellikle büyük tohum boyutu, kuraklık altındaki koşullarda çıkışı kolaylaştırmakta, erken toprak örtüsünü sağlamakta ve ilk dönem biyokütle oluşumunu desteklemektedir (Monneveux ve ark., 2012).

Çözünür şekerler ve prolin, buğday bitkisinde kuraklık toleransına katkı sağlayan temel ozmotik ayarlama maddeleri olarak tanımlanmıştır (Li ve ark., 2021). Bunlar hücre içi su dengesinin korunmasına yardımcı olurken, metabolik stres tepkilerini dengelemektedir. Son olarak, fizyolojik araştırmalar buğdayın kök sistemi mimarisinin, özellikle suya ulaşma kapasitesinin artması yoluyla kuraklık toleransına anlamlı katkılar sunduğunu ortaya koymuştur (Becker ve ark., 2016; Li ve ark., 2021).

Kuraklık stresine karşı buğdayda tanımlanan fizyolojik ve morfolojik adaptasyonların yanı sıra, verim bileşenleriyle birlikte birçok yapısal ve fenolojik özellik bu stresin tolerans düzeyini belirlemede rol oynamaktadır. Özellikle bitki boyu, kök mimarisi ile başaklanma, çiçeklenme ve olgunluk zamanı gibi fenolojik karakterler, kuraklık koşullarındaki performansı etkileyen önemli göstergeler arasında yer almaktadır (Molero ve ark., 2019; Khadka ve ark., 2020; Saini ve ark., 2022).

Buğdayın su kısıtlı ortamlara adaptasyonu, kuraklık toleransı ve kuraklıktan kaçınma olmak üzere iki temel fizyolojik stratejiye dayanır. Bu stratejiler, farklı etki mekanizmaları üzerinden tane veriminin şekillenmesine katkı sağlar. Kuraklık toleransı, bitkinin su stresine rağmen hayati fonksiyonlarını sürdürebilmesini sağlayan fizyolojik mekanizmaları içerir. Buna karşılık kuraklıktan kaçınma, bitkinin yaşam döngüsünü stresli döneme ulaşmadan tamamlayarak su kıtlığından etkilenmeden gelişimini sürdürmesini hedefler. Geleneksel ıslah yaklaşımlarında, özellikle ozmotik ayarlama gibi fizyolojik özelliklerin geliştirilmesinin, yüksek verim ve verim istikrarı ile pozitif yönde ilişkili olduğu kabul edilmektedir (Blum, 2017).

Geçmişteki bazı ıslah stratejileri çoğunlukla kuraklık toleransına odaklanmış; kuraklıktan kaçınma yaklaşımları ise nispeten ihmal edilmiştir. Oysa her iki mekanizma da su kısıtlı üretim ortamlarında etkili adaptasyon stratejileri sunar. Ancak bu stratejilerin tane verimi üzerindeki etkileri, farklı biyolojik süreçler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Özellikle kuraklıktan kaçınma özelliği, yüksek verim potansiyelinden ziyade bitkinin hayatta kalma başarısını destekler. Bununla birlikte, bazı kaçınma özelliklerinin kurak koşullarda verim optimizasyonuna katkı sağladığı da bildirilmiştir (Katuwal ve ark., 2020).

Akdeniz iklim koşullarında görülen terminal kuraklık stresi (geç dönemde yani döllenme ve tane dolum döneminde görülen kuraklık stresi) buğdayın tane verimi üzerinde belirgin derecede sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, söz konusu çevresel koşullara uyumlu erken başaklanan ekmeklik buğday çeşitlerinin geliştirilmesi, etkili bir ıslah stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Bitkiler su stresine karşı farklı fizyolojik ve morfolojik stratejiler geliştirerek adaptasyon sağlar. Bu stratejiler içerisinde yer alan çeşitli ikincil özellikler, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmada önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda, erken başaklanma, kuraklıktan kaçış mekanizmasının etkin bir göstergesi olarak öne çıkar. Bitkinin şiddetli su stresine maruz kalmadan önce hızlı gelişim göstermesi ve yaşam döngüsünü tamamlaması yoluyla, stres döneminden kaçınması sağlanmaktadır (Dorrani-Nejad ve ark., 2022).

Terminal kuraklık stresinin hakim olduğu koşullarda, vejetatif gelişme döneminin kısalması ile birlikte erken başaklanma; çiçeklenme ve tane dolum evrelerinde su yetersizliğine maruz kalmayı en aza indirerek buğday üretimi için önemli bir adaptasyon stratejisi sunmaktadır. Buğdayın çiçeklenme zamanını çevresel koşullarla senkronize etme kapasitesi, farklı sıcaklık ve nem düzeylerinde geniş bir adaptasyon yeteneği sağlamaktadır. Bu özellik, hedef çevrelerde uygun verim performansının elde edilmesine katkıda bulunur. Nitekim, birçok çalışmada tahıllarda (özellikle buğdayda) çiçeklenme zamanlamasının, ıslah programlarında yüksek verim ve stres kaçışı amacıyla değerlendirilen temel fenolojik karakterlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Bogard ve ark., 2014; Mondal ve ark., 2016).

Ekmeklik buğdayda çiçeklenme zamanı, üç ana genetik mekanizma tarafından düzenlenmektedir: fotoperiyoda duyarlılık genleri (Ppd),

vernalizasyon gereksinimi genleri (Vrn) ve erkencilik genleri (Eps) (Kamran ve ark., 2014). Bu genetik yapı, bitkinin gelişim takvimini çevresel koşullara uyumlu hale getirme kapasitesini belirler. Erkencilik özelliği, iki temel bileşene ayrılır: (i) çiçeklenmeye kadar geçen süre, (ii) çiçeklenmeden tam olgunluğa kadar geçen süre. Bu iki sürenin kısaltılması, bitkinin terminal kuraklık stresine maruz kalmadan önce yaşam döngüsünü tamamlamasını sağlayarak kuraklıktan kaçış stratejisine katkıda bulunur. Bu özellik, buğdayın farklı agroekolojik ortamlara adaptasyonu açısından yüksek öneme sahiptir ve hedef koşullarda tane verimini artıran kritik bir fenolojik avantaj sağlamaktadır (Rousset ve ark., 2011).

4. KURAKLIĞA TOLERANSLI BUĞDAY ISLAHINDA ISLAH KRİTERLERİ, METOTLARI VE GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR

Üretim sezonunun erken dönemlerinde meydana gelen kuraklık koşullarında; optimum büyüme hızına sahip, uzun koleoptillere ve güçlü fide gelişimine olanak tanıyan buğday genotiplerinin, daha fazla sayıda verimli kardeş oluşturma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Rebetzke ve ark., 2007). Sezonun sonuna doğru ya da geç dönemde yaşanan kuraklık stresinde ise, seleksiyonun daha yüksek çiçeklenme oranı ve etkili tane dolumu gösteren genotiplere yönelmesi önerilmektedir (Blum, 2010). Sezon sonu kuraklığı esnasında, fotoasimilat üretiminin devamı sayesinde tane dolumunun sürdürülebilmesi için gecikmiş yaşlanma (stay green) veya yaprakların yeşil kalma özelliği gerekmektedir (Gong ve ark., 2005). Buna ek olarak, yaprak yaşlanmasından sonra gövdede biriken rezerv maddelerin mobilize edilmesi de tane dolumunun desteklenmesinde etkili olmaktadır (Gupta ve ark., 2011). Ancak bu iki özellik (gecikmiş yaşlanma ve rezerv mobilizasyonu) çoğunlukla negatif ilişkilidir; dolayısıyla aynı anda ıslah programlarında tercih edilmeleri mümkün olmayabilir (Blum, 2010).

Buğdayda kuraklığa dayanıklılığın fenotipik değerlendirilmesi sırasında göz önünde bulundurulması gereken temel fizyolojik parametreler arasında; yüksek etkili su kullanımı (EUW), yüksek stoma iletkenliği ve düşük kanopi sıcaklığı yer almaktadır. Bu özellikler, genotipin terleme yoluyla yüksek toprak nemini çekme, fotosentez kapasitesini sürdürme ve buharlaşma yoluyla soğutma sağlayabilme yeteneklerini yansıtmaktadır. Kuraklık stresi altında

fizyolojik süreçlerin korunması, uyumlu ozmolitlerin (örneğin prolin, mannitol ve trehaloz) birikimi sayesinde mümkün olmaktadır. Bu bileşikler, hem su alımının artırılmasına yardımcı olmakta, hem de bitki dokularının oksidatif stres kaynaklı hasarlara karşı korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bu tür yüksek ozmotik ayarlama kapasitesine sahip genotipler, kuraklık koşullarında daha iyi adaptasyon göstermektedir (Zivcak ve ark., 2009).

Toprak neminin sınırlı olduğu koşullarda, stoma iletkenliği ve terleme hızının azalması gibi özellikler önemli fizyolojik göstergeler olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, su kaybının azaltılmasıyla bitkinin kuraklık stresine karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlar. Ayrıca, yaprak kıvrılma yeteneğine sahip ve yavaş solma eğilimi gösteren genotipler, yüksek yaprak bağıl su içeriğini koruyarak kuraklık toleransını artırabilir. Kuraklık stresine karşı ideal ideotipler arasında, kısa bitki boyuna veya yarı cüce (semi-dwarf) büyüme özelliğine sahip bireyler yer alır. Bu genotipler, asimilatların daha fazla taneye yönlendirilmesini sağlayarak hasat indeksini yükseltir ve böylece daha yüksek ve istikrarlı tane verimi elde edilebilir (Mwadzingeni ve ark., 2017). Ayrıca, uzun kök yapısına, yüksek kök yoğunluğuna ve derin kök sistemine sahip genotiplerin seleksiyonu, suyun sınırlı olduğu ortamlarda toprağa daha iyi nüfuz etme ve yüksek kök hidrolik iletkenliği sağlama açısından kritik bir özelliktir (Paez-Garcia ve ark., 2015). Bitki başına verimli (fertil) kardeş sayısı ve başak başına tane sayısı gibi verim bileşenleri, ıslah başarısının doğrudan ölçütleri olarak kabul edilir ve seleksiyon sürecinde hedeflenmesi gereken başlıca agronomik özelliklerdir (Mwadzingeni ve ark., 2016).

Çeşitli araştırmacılar, kuraklık tolerans indekslerini kullanarak genotipleri hem stresli hem de stressiz yetiştirme koşulları altında değerlendirmiştir. Bu indeksler; kuraklık stresi ya da optimum çevresel koşullar altında genetik materyalin performansını ayırt etmeye olanak tanıyan, seleksiyon için etkin bileşenlerdir (Khakwani ve ark., 2012). Bu indeksler sayesinde, farklı ortam koşullarına adaptasyon gösterebilen ve yüksek verim potansiyelini sürdürebilen genotiplerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Böylece ıslah programları daha hedef odaklı ve çevreye duyarlı biçimde yürütülebilir.

Kuraklık stresinin buğdayın performansı üzerindeki etkilerini ortaya koymak ve dayanıklı genotipleri belirleyebilmek amacıyla, kontrollü sulama rejimlerine dayalı pek çok deneysel yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yöntemler;

genetik materyalin stresli ve optimum çevre koşulları altındaki fizyolojik ve agronomik yanıtlarını karşılaştırmalı olarak değerlendirme olanağı sunmaktadır. Buğdayda kuraklık toleransını belirlemek amacıyla kullanılan bazı su rejimleri Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Buğdayda kuraklık toleransı değerlendirmesi için kullanılan bazı su rejimleri

Kaynak	Kontrol koşulu	Stres koşulu
Majer, 2008	%60 tarla kapasitesine kadar sulama	%20 tarla kapasitesine kadar sulama
Omar ve ark., 2010	%60 tarla kapasitesinde sulama	%40 tarla kapasitesinde sulama
Golabadi ve ark., 2011	A sınıfı buharlaşma tavaşından 70 mm sonra sulama	140 mm buharlaşma sonrası sulama
Khakwani ve ark., 2011	%100 tarla kapasitesinde nem içeriği	Seviye 1: %35 tarla kapasitesi ile %100'e ulaşma, Seviye 2: %25–35 arası nem seviyesinde tutma
Khakwani ve ark., 2012	%100 tarla kapasitesinde nem	Çimlenme ve çiçeklenmeden sonra 20 gün sulama kesintisi
Mohamed ve ark., 2013	Normal sulama rejimi	Kardeşlenmeden çiçeklenmeye kadar su kesintisi ve olgunluğa kadar stres uygulanması

Orta Anadolu Bölgesi gibi büyük ölçüde doğal yağış koşulları altında buğday yetiştiriciliği yapılan alanlarda, introduksiyon materyali kullanmak yerine, Anadolu'nun kurak ve yarı kurak iklim koşulları esas alınarak çeşit geliştirme çalışmalarının yürütülmesi daha uygun olacaktır (Aktaş, 2025). Düşük yağış alan veya düzensiz yağış rejimine sahip bölgelerde, buğdayın fenotipik performansını artırma yönündeki çabalar kapsamında geleneksel ıslah yöntemleri, halen önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda, toplu popülasyon ıslahı yöntemi, nesiller arası seleksiyon baskısını artırarak uygun olmayan bireylerin elenmesine olanak tanımaktadır. Uygulanan seleksiyon şemaları, gen frekanslarını baskın çevre koşullarının tercih ettiği yönlerde doğru kaydırmakta ve genetik çeşitliliğin uyum sağlayabilen özellikler lehine yeniden şekillenmesini sağlamaktadır (Acquaah, 2009). Toplu ıslah stratejilerinde,

erken gelişim evrelerinde istenmeyen fenotiplerin elenmesine yönelik yapay seleksiyon uygulamaları kritik bir öneme sahiptir. Zira doğal seleksiyon, tarımsal açıdan üstün olmayan ancak rekabet gücü yüksek bireyleri tercih edebileceğinden, bu durum ıslah hedefleriyle örtüşmeyen sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle, kuraklık stresini simüle eden yağmur önleyici koronak sistemleri ile sezon dışı ekim teknikleri, seleksiyon baskısını artırmak ve genetik ilerlemeyi hızlandırmak amacıyla dönüşümlü ıslah protokollerine entegre edilebilmektedir (Blum, 2010). Bu yaklaşımda seleksiyon yapısı, kuraklık stresine adaptasyon gösteren, yüksek kalıtım derecesine sahip ve kuraklık toleransını destekleyen fenotipik karakterlere dayalı toptan seleksiyon prosedürlerine indirgenebilmektedir. Aynı zamanda, temel popülasyonun genetik çeşitliliği, farklı kuraklık adaptasyon özelliklerine sahip ebeveynler arasında yapılan melezlemeler ile artırılabilir. Bu materyaller, pedigrî yöntemi kapsamında tutulan ebeveynlik kayıtları esas alınarak ilerletilir ve böylece daha saflaştırılmış bir genetik yapı elde edilebilir. Kuraklığa tolerans gibi nicel özellikler için, geri melezleme (backcrossing) yöntemi, hedef özelliklerin genotipler arasında yüksek varyasyon gösterdiği ve çevresel etkilerin seleksiyon üzerinde baskın olduğu durumlarda etkili bir ıslah stratejisi olarak öne çıkmaktadır (Mwadingeni ve ark., 2017).

Kantitatif özellik lokusları (QTL'ler), çoğunlukla tek bir Mendel birimi gibi değerlendirilerek; özellikle genetik olarak uzak akraba hatlar arasında gerçekleşen rekombinasyon veya yabancı translokasyon yoluyla, olgunlaşma süresi, bitki boyu gibi gözlemlenebilir morfolojik ve fizyolojik özelliklerin genetik aktarımında etkili bir şekilde kullanılabilir (Wang ve Chee, 2010). Buğdayda, başta verim bileşenleri olmak üzere birçok önemli agronomik özellik için QTL'lerin başarılı bir biçimde haritalanması ve genetik aktarımı, literatürde uzun süredir pek çok çalışma ile ortaya konmuştur (Narasimhamoorthy ve ark., 2006).

Yabancı döllen türlerde yaygın olarak kullanılan tekrarlamalı seleksiyon yöntemi, son yıllarda erkek kısırılığı sistemlerinin ve çiçek yapısının modifikasyonuna yönelik teknik gelişmeler sayesinde, artık kendine döllen (autogam) türlerde de artan bir öneme sahip hale gelmiştir. Bu yöntem, genel ve özel kombinasyon yeteneklerinin iyileştirilmesi yoluyla, üstün agronomik özelliklerin genetik yapıya etkin biçimde kazandırılmasında etkili bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Bos ve Caligari, 2008). Tekrarlanan (resiprokal)

melezlemeler, genetik bağlantıların (linkage) istenen özellikler arasında kırılması yoluyla genetik ilerlemeyi hızlandırabilir. Bununla birlikte, geleneksel ıslah yaklaşımları genellikle görsel değerlendirmelere ve klasik fenotipleme yöntemlerine dayandığı için, bu süreç yavaş ve maliyetli olmasının yanı sıra, yüksek hata riski de taşımaktadır. Bu nedenle, son yıllarda geliştirilen yüksek verimli fenotipleme teknolojileri, seleksiyon etkinliğini artırma açısından yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu araçlar, dünya genelinde buğday genotiplerinin daha hızlı ve hassas biçimde fenotiplenmesinde kullanılmakta ve olumlu sonuçlar vermektedir (Rahaman ve ark., 2015). Her ne kadar bu teknolojiler önemli avantajlar sağlasa da ıslah sürecinde fenotipik seleksiyon ve melezleme yöntemlerine olan yüksek bağımlılık; farklı genetik geçmişe sahip genotiplerde aday gen bölgelerinin eşzamanlı olarak seçimini ve kombinasyonunu zorlaştırmaktadır. Bu durum, özellikle kompleks stres toleransı gibi çoklu gen etkisine sahip özellikler açısından, genomik analizlerin daha hassas ve bütüncül bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Mwadingeni ve ark., 2017).

5. BUĞDAY ISLAHINDA UZAKTAN FENOTİPLEME İNDEKSLERİ VE HİPERSPEKTRAL UYGULAMALAR

Buğday ıslahı kapsamında geliştirilen indeksler, farklı bitki özelliklerinin, fizyolojik durumların ve morfolojik karakteristiklerin bir araya getirilerek sayısal bir formül ile temsil edilmesini amaçlayan matematiksel araçlardır. Bu indeksler; fotosentez etkinliği, stres tepkisi, biyokütle üretimi gibi parametreleri tek bir ölçüt altında birleştirerek, buğday genotiplerinin genel performanslarını karşılaştırmalı biçimde değerlendirme olanağı sunar. Böylece ıslahçılar, farklı çevresel koşullara uyum gösteren genotipleri seçme sürecinde daha sistematik ve veriye dayalı kararlar alabilirler. Özellikle hiperspektral görüntüleme gibi uzaktan algılama teknikleriyle entegre edilen bu indeksler, bitki sağlığı ve stres belirtilerinin yüksek hassasiyetle analiz edilmesini sağlar. Hiperspektral sensörlerle elde edilen spektral yansıma verileri, fenotipik indekslerle birleştirildiğinde kuraklık, besin eksikliği gibi çevresel streslerin erken teşhisi mümkün hale gelir. Sonuç olarak, bu matematiksel indeksler ve uzaktan fenotipleme araçları; ıslahçıların bilinçli seleksiyon yapmalarına, yetiştirme stratejilerini optimize etmelerine ve farklı tarımsal-ekolojik

koşullara uyumlu yeni buğday çeşitleri geliştirmelerine katkı sunan etkili teknolojilerdir (Radocaj ve ark., 2023).

Buğday ıslah programlarında kuraklık stresine dayanıklı genotiplerin belirlenmesi amacıyla çeşitli tarama testleri geliştirilmiştir (El-Hendawy ve ark., 2020). Bu testler, çok sayıda genotipin değerlendirildiği durumlarda, hızlı uygulanabilir, düşük maliyetli, tekrarlanabilir ve ölçümü kolay olmaları bakımından önem taşımaktadır (Al-Ashkar ve ark., 2020). Ancak kuraklık stresine yönelik fizyolojik, morfolojik veya destrüktif (yıkıcı) özelliklerin yanlış yorumlanması; bunun yanında mevcut buğday çeşitlerinde gözlemlenen düşük genetik varyasyon, kuraklık toleransı ıslahında sınırlı başarının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Grzesiak ve ark., 2019). Bu bağlamda, bitki su durumu ölçümleri, su stresine tolerans gösteren genotiplerin dolaylı olarak seçilmesinde etkili bir kriter olarak öne çıkmaktadır. Bu tür ölçümler hem agronomik performans hem de stres adaptasyon düzeyi açısından değerli bilgi sunmakta, özellikle kuraklığa dayanıklı yeni çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Al-Ashkar ve ark., 2021).

Uzaktan algılama temelli fenotipleme teknolojilerinde kullanılan spektral indeksler, buğday bitkisinin fizyolojik durumunun, stres yanıtlarının ve verim potansiyelinin değerlendirilmesinde kritik öneme sahip araçlardır. Çizelge 2'de, buğday ıslahı çalışmalarında yaygın biçimde kullanılan başlıca spektral indeksler özetlenmiştir.

Çizelge 2. Buğday ıslahında uzaktan fenotiplemede kullanılan başlıca spektral indeksler

İndeks	Kullanım amacı	Kaynak
GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)	Yeşil dalga boyuna dayalı bitki örtüsü izleme	Rahman ve Robson, 2016
CCCI (Canopy Chlorophyll Content Index)	Kanopi klorofil içeriğinin belirlenmesi	Fitzgerald ve ark., 2010
EVI (Enhanced Vegetation Index)	Üst bitki örtüsünde hassasiyet ve aerosol ölçümleri	Matsushita ve ark., 2007
NDRE (Normalized Difference Red Edge)	Bitki örtüsü stres seviyelerinin tespiti	Tilling ve ark., 2007
TCARI (Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index)	Klorofil miktarının yansıma verileriyle tahmini	Haboudane ve ark., 2002
ARI (Anthocyanin Reflectance Index)	Antosiyanin (bitki pigmenti) içeriğinin tespiti	Gitelson ve ark., 2001
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Bitki örtüsü yoğunluğu ve sağlığı ile arazi örtüsü takibi	Carlson ve Ripley, 1997
NDWI (Normalized Difference Water Index)	Bitkide su varlığı ve su içeriğine duyarlılık analizi	Gao, 1996
MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index)	Toprağın yansıma etkisini azaltarak daha hassas bitki örtüsü analizi	Qi ve ark., 1994
SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index)	Toprak etkisi düzeltilmiş bitki örtüsü değerlendirme indeksi	Huete, 1988
LAI (Leaf Area Index)	Yeşil yaprak alanının ölçülmesi ve ekosistem dinamiği izleme	Nilson, 1971

Her ne kadar hiperspektral görüntüleme teknikleri, buğdayda büyük ölçekli fenotipleme çalışmaları için yüksek hassasiyet ve geniş veri kapsamı sunsa da bu uygulamalar; veri depolama ve yönetim zorlukları, yüksek işlem kapasitesi gereksinimi ve bütçe kısıtlamaları nedeniyle sınırlamalarla karşı karşıya kalabilmektedir (Ang ve Seng, 2021). Bu bağlamda, termal görüntüleme yöntemleri, alternatif ya da tamamlayıcı araçlar olarak öne çıkmaktadır. Termal ölçümler, buğday çeşitlerinde terleme durumu, bitki

canlılığı ve hastalık yayılımı gibi fizyolojik parametrelerin değerlendirilmesinde etkili bir rol oynar (Mahlein ve ark., 2012). Ayrıca, hava sıcaklığı verileri ile birlikte kullanılarak Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) hesaplanabilmekte, bu indeks sayesinde kanopideki buharlaşma-terleme dinamikleri hakkında detaylı çıkarımlar elde edilebilmektedir. CWSI gibi termal bazlı ölçümler, görüntü verilerini sıcaklık alanlarına bölerek veya bitki örtüsü düzeyinde lokal stres haritaları oluşturarak, makine öğrenme modellerine özellik olarak dahil edilebilmekte; böylece veri odaklı ıslah stratejilerine geçiş kolaylaştırılmaktadır (Zhou ve ark., 2021).

Kamera tabanlı sistemler, çevreden pasif biçimde yansıyan, iletilen ya da yayılan ışığı algılayarak çalışırken; LiDAR (Light Detection and Ranging), çevreyi algılamak için aktif olarak lazer darbeleri gönderir ve bu darbelerin nesnelerden yansıma sürelerini ölçerek son derece hassas mesafe ve mekansal veriler üretir. Bu ileri teknoloji, özellikle buğday ıslahı çalışmalarında bitki biyokütlesi ve bitki boyunun tahmini gibi ölçümler açısından önemli katkılar sunmaktadır (Hütt ve ark., 2023).

6. KURAKLIĞA TOLERANSLI BUĞDAY ISLAHINA YARDIMCI MARKÖR DESTEKLİ YAKLAŞIMLAR VE METODOLOJİLER

Kuraklık stresine dayanıklı buğday genotiplerinin geliştirilmesinde, markör destekli seleksiyon (MAS, Marker Assisted Selection), öne çıkan stratejilerden biridir. DNA tabanlı markörler sayesinde, kuraklığa uyumlu genetik özelliklerin dolaylı olarak seçilmesi mümkün olmakta; böylece hem kuraklık toleransı sağlayan genler hem de verim ve kaliteyi artıran genler aynı genotipte bir araya getirilebilmektedir. Bu süreç, genetik piramitleştirme ya da gen yığılma (stacking) yöntemiyle uygulanır. Nitekim *wmc603* ve *barc108* gibi SSR (Simple Sequence Repeat) markörleri, yüksek membran stabilitesiyle dikkat çeken kuraklığa dayanıklı buğday genotiplerinin dolaylı seleksiyonunda başarıyla kullanılmıştır (Ciuca ve ark., 2009).

Günümüzde, dünyanın dört bir yanındaki akademik kuruluşlar ve araştırma kurumları, kuraklıkla ilişkili genlerin ve bu genleri temsil eden bilgilendirici DNA markörlerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda markör-özellik ilişki çalışması yürütmektedir (Edae ve ark., 2014). Bu çalışmaların temel amacı, markör teknolojilerinin ıslah programlarına entegre edilmesi

yoluyla, seleksiyonun verimliliğini artırmak, istenen germplazmın elde edilme süresini kısaltmak ve kuraklığa dayanıklı yeni buğday çeşitlerinin geliştirilme sürecini hızlandırmaktır.

Markör destekli seleksiyonun dikkat çekici avantajlarından biri, genom çapında genomik seleksiyon (GS) yaklaşımlarıyla karşılaştırıldığında, ıslahçıların genellikle yalnızca birkaç markörle çalışmasının yeterli olmasıdır. Bu pratik yaklaşım, bazı sınırlamaları olsa da MAS'ı maliyet açısından daha erişilebilir ve uygulanabilir bir çözüm haline getirmektedir (Chang-Brahim ve ark., 2024).

Gelişmiş omik teknolojileri (canlı organizmalardaki biyolojik sistemleri bütüncül ve yüksek çözünürlüklü bir şekilde incelemeye olanak tanıyan genomik, transkriptomik, proteomik vb. modern moleküler biyoloji yaklaşımları) sayesinde, buğday genomunun 21 kromozomuna kuraklığa uyumlu özelliklerle ilişkili çok sayıda lokus haritalanmıştır (Alexander ve ark., 2012). Bu gelişmeler sayesinde, ıslahçılar, birlikte ayrıışan yüksek etkili QTL'leri aynı anda seçebilir ve uygun alelleri/genleri bir araya getirerek ıslah hatlarında piramitleştirme yapabilir. Bu bağlamda, markör destekli tekrarlayan seleksiyon (MARS, Marker Assisted Recurrent Selection) gibi metodolojiler; farklı gen havuzlarından gelen olumlu genetik bileşenlerin aynı popülasyonda biriktirilmesini ve süreklilik gösteren genetik ilerlemeyi destekler (Mwadingeni ve ark., 2017).

Markör destekli tekrarlayan seleksiyon (MARS), buğdayda özellikle rekombinant saf hatlarda katkısız etkilerle QTL'lerin biriktirilmesi ve piramitleştirilmesi açısından uzun süredir etkili bir strateji olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin başarısı, markör teknolojilerinin evrimi sayesinde daha da artmıştır. Son yıllarda, Illumina/Solexa, ABI SOLiD, Helicos ve Ion Torrent gibi gelişmiş genomik platformların ortaya çıkmasıyla birlikte, DNA markörlerinin tespiti, işlenmesi ve genetik analiz süreçleri büyük ölçüde hızlanmıştır (Sikhakhane ve ark., 2016). Bu gelişmeler, bitki ıslah programlarında genetik bilgilere dayalı karar alma süreçlerini desteklemekte ve markör destekli seleksiyon stratejilerinin daha etkin biçimde uygulanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, bitki ıslahçıların; ıslah hatlarında QTL birikimlerinin etkilerini tanımlamak ve tahmin etmek amacıyla istatistiksel modelleme ve biyoinformatik analiz becerilerine yatırım yapmaları gerekmektedir. Bu tür beceriler, hem genetik piramitleştirme sürecinin

optimizasyonuna katkı sağlar, hem de genetik ilerlemenin izlenmesini kolaylaştırır. Ancak kuraklık toleransı gibi karmaşık ve niceliksel özelliklerde, QTL etkilerinin tahmini sırasında tutarsızlıklar ve çevresel etkileşim kaynaklı belirsizlikler görülebilmektedir. Bu durum, QTL verilerine dayalı seçimi zorlaştırmakta ve tek başına markörlere güvenerek yapılan ıslah çalışmalarında sınırlamalar yaratabilmektedir (Bernardo, 2008).

Kuraklık toleransına sahip genotiplerin geliştirilmesinde, ilgili QTL'lerin donör ebeveynlerden elit saf hatlara aktarılması sürecinde, özellikle kantitatif özelliklerin genetik kontrolünde yüksek çevresel etkileşim ve epistatik faktörlerin varlığı nedeniyle, markör destekli geri melezleme (MABC, Marker Assisted Backcross) gereklidir. Bu tür özelliklerin aktarımı, yalnızca tek bir genin geri melezlenmesiyle genellikle yetersiz kalır ve dolayısıyla karmaşık özelliklerin piramitleştirilmesi için daha sistematik yaklaşımlara ihtiyaç duyulur. Bu doğrultuda geliştirilen Gelişmiş Geri Melezleme QTL analizi (AB-QTL), hem QTL haritalama sürecini hem de çeşit geliştirme uygulamalarını eş zamanlı gerçekleştirmeye olanak tanıyan yenilikçi bir yöntemdir. Bu yaklaşımda, QTL keşfi genellikle ikinci (BC2) veya üçüncü (BC3) geri melezleme neslinde yapılmakta ve böylece ıslahçıların doğrudan elit germplazmda faydalı QTL'leri seçmelerini kolaylaştırmaktadır (Huang ve ark., 2003; Wang ve Chee, 2010; Kalladan ve ark., 2013). Uygulama süreci, elit germplazmının, kuraklık toleransına sahip donör ebeveynle (bu donör bir yerel çeşit veya yabani bir akraba olabilir) melezlenmesiyle başlar. Ardından, alıcı (tekrarlayan) ebeveynye yönelik iki veya daha fazla geri melezleme yapılır ve bu döngüler boyunca istenmeyen özelliklere sahip zararlı alellere karşı seleksiyon uygulanır. QTL analizleri, donör genomunun büyük ölçüde elimine edildiği ve elde edilen hatların QTL bölgelerine izogenik olduğu durumda (QTL-NIL: QTL-Near Isogenic Lines), AB nesillerinde gerçekleştirilir. Bu, aktarılan QTL'nin fizyolojik veya morfolojik etkilerinin daha net biçimde değerlendirilmesini sağlar. Nitekim, Pillen ve ark. (2003) tarafından yapılan ilk AB-QTL analizi çalışmasında, yazlık arpa kullanılarak tane verimi dahil birçok nicel özellik için 86 varsayımsal QTL tanımlanmıştır. Son dönemde ise teknoloji, kuraklık toleransı ile ilişkili kök uzunluğu, kök çapı, kök hacmi ve kök yüzey alanı gibi farklı kök özelliğini etkileyen 32 QTL'nin tespiti için başarıyla kullanılmıştır (İbrahim ve ark., 2012).

Geleneksel markör teknolojileri, kuraklık toleransı gibi niceliksel özelliklere yönelik ıslah çalışmalarında halen çeşitli sınırlamalar sunmaktadır. Bu sınırlamalar arasında; QTL konumlarının hatalı tahmin edilmesi ve haritalama popülasyonları ile test ortamları arasında QTL tespiti bakımından tutarsızlıkların oluşması öne çıkmaktadır. Bu tür zorluklara çözüm olarak geliştirilen, genom çapında kapsama sağlayan yüksek yoğunluklu markör dizilerine sahip gelişmiş genomik araçlar, daha etkin tahmin modellerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle genomik ıslah değerlerinin (GEBV, Genomic Estimated Breeding Values) hesaplanmasını sağlayan eğitim modelleri sayesinde, genomik seleksiyon uygulamaları mümkün hale gelmektedir. Buğdayda, dizileme yoluyla genotipleme (GBS, Genotyping by Sequencing) teknolojisi; geniş ölçekli genotip verileri sağlayarak, genomik seleksiyon modellerinin doğruluğunu artıran etkili bir araç olarak kabul görmektedir. Üstelik GBS teknikleri, düşük maliyetli ve yüksek verimli genetik analiz olanaklarıyla özellikle karmaşık özelliklerin ıslahında önemli avantajlar sağlar (Poland ve ark., 2012).

Kantitatif özelliklere sahip buğday genotiplerinin ıslah değerlerinin tahmin edilmesinde, genomik seleksiyonun doğruluğunun, geleneksel markör destekli seleksiyon (MAS) yöntemlerine kıyasla yaklaşık %28, fenotipik seleksiyon yöntemlerine göre ise yaklaşık %95 daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Heffner ve ark., 2011). Bu bulgular, kuraklık toleransı da dahil olmak üzere karmaşık nicel özellikler için germplazm seçiminin geleceğinin, fenotipik ve geleneksel MAS yaklaşımlarından ziyade genomik seleksiyon stratejilerine dayandırılabilceğini göstermektedir.

Genomik seleksiyon, çoklu ortam denemelerinden elde edilen veri kümelerinin kullanımı, optimum su rejimlerinde çok özellikli seleksiyon modellerinin uygulanması ve yüksek kalıtsal uyumlu özelliklere dayalı performans tahminleri yoluyla kuraklık stresi altındaki genotiplerin geniş çevresel adaptasyonunun sağlanmasında güçlü bir potansiyel sunmaktadır (Heslot ve ark., 2015).

Son dönemde yapılan araştırmalar, genomik seleksiyonun doğruluğunu artırmak amacıyla, kanopi sıcaklığı ve bitki örtüsü indeksi gibi ikincil fenotipik parametrelerin yanı sıra yüksek verimli fenotipleme tekniklerinin modelleme sürecine entegrasyonunun büyük önem taşıdığını göstermektedir (Rutkoski ve ark., 2016). Bununla birlikte, kuraklığa dayanıklı buğday ıslahında hala çözüm

bekleyen önemli metodolojik zorluklar söz konusudur. Özellikle kuraklık senaryolarının zamanlaması ve şiddeti ile ıslah popülasyonları arasındaki genetik varyasyonların modellerde dikkatle ele alınması gerekmektedir (Mwadingeni ve ark., 2017). Bu çerçevede, çevresel etkileşimleri hesaba katabilen daha karmaşık ve dinamik genomik seleksiyon modellerinin geliştirilmesi, ıslahçıların seçim kararlarını optimize etmeleri açısından kritik bir gerekliliktir.

7. GENETİK MARKÖRLERİN TANIMLANMASINDA GWAS YAKLAŞIMI

Buğday ıslahında, biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığı artırmak ve yüksek verim potansiyelini korumak amacıyla markör destekli seleksiyon yaygın olarak kullanılmaktadır (Song ve ark., 2023). Ancak bu seleksiyon stratejisinin etkinliği, yalnızca fenotipik verilerin titizlikle toplanmasına değil, aynı zamanda ilgi duyulan fenotipik özelliklerle bağlantılı güvenilir genetik markörlerin varlığına da bağlıdır. Bir fenotip ile ilişkili genetik bölgelerin belirlenmesi çoğu zaman karmaşık ve çok aşamalı bir süreçtir. Çünkü birçok tarımsal özellik poligenik yapıda olup, çok sayıda küçük etkili gen tarafından kontrol edilir. Bu durum, genotip-fenotip ilişkilerinin çözümlemesini güçleştirir ve markör geliştirmenin başarısını sınırlayabilir (Boyle ve ark., 2017; Mills ve Rahal, 2019; Pierce ve ark., 2020).

Genetik bölgelerin fenotipik özelliklerle ilişkilendirilmesinde temel yöntemlerden biri olan genetik haritalama, iki ebeveynli bağlantı haritalaması (Biparental Linkage Mapping) ve ilişki haritalaması (Association Mapping) olmak üzere iki ana stratejiye dayanır. Bağlantı haritalaması, fiziksel yakınlık nedeniyle genetik markörlerin ve ilgili özelliklerin birlikte kalıtımını incelemek için yakından ilişkili bireyler kullanılarak yürütülür. Buna karşılık, ilişki haritalaması ise genetik markörler ile özellikler arasındaki istatistiksel ilişkileri, genetik açıdan farklı ve ilgisiz bireylerden oluşan popülasyonlarda tespit etmeye odaklanır. İlişki haritalaması, özellikle tek nükleotid polimorfizmlerinin (SNP'ler) genotiplenmesi için geliştirilen yüksek verimli ve maliyet etkin teknolojiler sayesinde son yıllarda genetik araştırmaların vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir (Syvanen, 2005). Bu teknolojiler, yüksek çözünürlüklü genotipleme ile yoğun markör kapsamı sağlayarak, daha doğru ve kapsamlı genetik analizlere olanak tanımaktadır. İlişki haritalamasının özel bir

uygulaması olan genom çapında ilişki çalışmaları (GWAS, Genome Wide Association Studies), buğday da dahil olmak üzere birçok bitki türünde, karmaşık niceliksel özelliklerin genetik temelini anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Genom Düzeyinde İlişkilendirme Çalışmaları (GWAS), poligenik özelliklerle bağlantılı genetik markörlerin hassas bir şekilde tanımlanmasına olanak tanıyan güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. GWAS yaklaşımı; geniş bir genotipik varyasyonu ve detaylı fenotipik verileri bir araya getirerek, doğal popülasyonlar içinde genetik lokusların ilgili özelliklerle ilişkisini istatistiksel modellerle değerlendirmeyi mümkün kılar. Nitekim buğdayda, genotip ile ilişkili özelliklerin ölçülen fenotiplerle bağlanması amacıyla çok sayıda GWAS tabanlı araç ve istatistiksel yöntem geliştirilmiş ve uygulanmaktadır (Chang-Brahim ve ark., 2024). Bu yöntemler, genetik markörlerin etkili biçimde keşfedilmesini kolaylaştırmakta ve ıslah çalışmalarında hedef özelliklerin daha başarılı şekilde seçilmesine katkı sağlamaktadır.

Buğday ıslahında genetik markörlerin tanımlanması amacıyla yürütülen genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS), farklı yazılım araçları ve istatistiksel modellerle gerçekleştirilmektedir. Bu araçlar, genetik varyasyonları fenotipik özelliklerle ilişkilendirmek, karmaşık özelliklerin genetik temelini açığa çıkarmak ve yüksek verimli seleksiyon stratejileri geliştirmek amacıyla buğday genomu üzerinde güçlü analiz kapasitesi sunmaktadır. Çizelge 3'te GWAS analizlerinde yaygın olarak kullanılan yazılımlar, buğdayda uygulanan istatistiksel yöntemler ve ilgili literatür örnekleri kapsamında özetlenmiştir.

Çizelge 3. Buğdayda kullanılan bazı GWAS araçları ve ilgili istatistiksel yaklaşımlar

GWAS Aracı	Kullanılan İstatistiksel Yöntem	Kaynak
FarmCPU	Multiple Loci Mixed Model (MLMM)	Rahimi ve ark., 2023
PLINK	Mixed Model GWAS	Gogna ve ark., 2023
Sommer	Mixed Model GWAS	Dallinger ve ark., 2023
BLINK	Bayesian GWAS	Devate ve ark., 2022
EMMAX	Efficient Mixed Model	Li ve ark., 2022
MA	Genome-wide Efficient Mixed Model	Wu ve ark., 2021
TASSEL	Generalised Linear Models & Mixed Linear Models	Akram ve ark., 2021
GAPIT	Compressed Mixed Linear Model-based Genomic Prediction	Qaseem ve ark., 2019
JMP Genomics	Generalised Linear Models (GLMs)	Gizaw ve ark., 2018
BayesC	Bayesian GWAS	Zhao ve ark., 2013

Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS), genetik markörler ile fenotipik özelliklerin ilişkilendirilmesinde güçlü ve kapsamlı bir analiz yöntemi sunmaktadır. GWAS'ın temel avantajı, farklı popülasyonlardan elde edilen çok sayıda bireyin binlerce hatta milyonlarca genetik varyant (örneğin SNP'ler) üzerinden, tüm genom düzeyinde test edilmesine olanak tanımasıdır. Bu yüksek çözünürlüklü yaklaşım, bağlantı haritalamasına kıyasla daha karmaşık genotip-fenotip ilişkilerinin ortaya çıkarılmasına imkan verir. Bununla birlikte, GWAS'ın etkin biçimde uygulanabilmesi için, SNP'lerin genetik konumları ve işlevsel karakterizasyonlarına yönelik kapsamlı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler, doğrudan hedef organizmanın genom dizilimiyle ilişkilidir. Buğday özelinde, söz konusu temel adım, 2018 yılında tam genom diziliminin başarıyla tamamlanmasıyla atılmış, böylece ilgili genetik araştırmaların doğruluğu ve güvenilirliği önemli ölçüde artırılmıştır (Hernandez Molina ve ark., 2018). İzleyen yıllarda, buğday genomu sürekli olarak güncellenmiş ve daha yüksek çözünürlükteki yapılarla zenginleştirilmiştir (Gao ve ark., 2023). Genom çapında ilişkilendirme

çalışmaları (GWAS), kuraklık gibi karmaşık stres koşullarında buğday genotiplerinde etkili olan genetik bölgelerin belirlenmesinde önemli bir araçtır. Çizelge 4'te buğdayda farklı dönemlerde ve çeşitli kuraklık senaryolarında GWAS yoluyla tanımlanan genetik markörler sunulmuştur.

Çizelge 4. Buğdayda GWAS yoluyla tanımlanan kuraklıkla ilişkili genetik markörler

Dönem	İlgili Özellik	Markör Sayısı	Kaynak
Fide aşaması	Yaprak klorofil içeriği	28	Maulana ve ark., 2020
Fide aşaması	Solmaya kadar geçen gün sayısı	104	Ahmed ve ark., 2021
Fide aşaması	Oluma kadar geçen gün sayısı	37	Mathew ve ark., 2019
Tüm sezon boyunca	Tane verimi ve biyokütle	73	Bennani ve ark., 2022
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	94	Gizaw ve ark., 2018
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	192	Suliman ve ark., 2021
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	61	Akram ve ark., 2021
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	37	Mathew ve ark., 2019
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	45	Bhatta ve ark., 2018
Tüm sezon boyunca	Tane verimi	136	Qaseem ve ark., 2018
Tüm sezon boyunca	Stres tolerans indeksi	9	Zhao ve ark., 2023

Elde edilen veriler, farklı stres göstergeleri ve gelişim aşamaları doğrultusunda markör destekli seleksiyon stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca, kuraklığa dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde GWAS'ın yaygın ve etkili bir araç haline geldiğini ortaya koymaktadır.

8. SONUÇ

Kuraklık, iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte buğday üretiminde verim kaybına neden olan en önemli stres faktörlerinden biri haline gelmiştir. Bu nedenle, kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi hem gıda güvenliğinin sağlanması hem de tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından stratejik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, kuraklık toleransının artırılmasına yönelik ıslah çalışmalarında hem fenotipik hem de genotipik yaklaşımlar ele alınmış, markör destekli seleksiyon (MAS), gelişmiş geri melezleme stratejileri (AB-QTL), genomik seleksiyon ve genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) gibi moleküler araçların klasik ıslah yöntemleriyle entegrasyonu değerlendirilmiştir. Özellikle GWAS uygulamaları sayesinde kuraklıkla ilişkili çok sayıda genetik markör tanımlanmış, bu markörler aracılığıyla kuraklığa adaptasyon sağlayan özelliklerin ve verim performanslarının izlenebilirliği mümkün hale getirilmiştir.

Buğday genomunun tam olarak dizilenmesiyle birlikte, genetik veri analizlerinin doğruluğu artmış; çoklu ortam denemeleri, yüksek verimli fenotipleme teknikleri ve biyoinformatik modelleme yaklaşımları, ıslahçıların karar alma süreçlerini daha bilimsel temellere dayandırmalarına olanak sağlamıştır. Ayrıca, MAS gibi maliyet etkin yöntemler, sınırlı kaynaklara sahip ıslah programları için halen uygulanabilir ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

Sonuç olarak, buğdayda kuraklık toleransına yönelik ıslah stratejilerinin başarısı, çevresel stres senaryolarına uygun veri üretimi, genetik çeşitliliğin etkin kullanımı, moleküler markörlerin doğru seçimi ve bu araçların entegre biçimde yönetilmesiyle yakından ilişkilidir. Bu bütüncül yaklaşım yalnızca tarımsal üretimin güvence altına alınmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğine uyumlu ve kuraklığa toleranslı buğday çeşitlerinin geliştirilmesine de önemli katkılar sunar.

KAYNAKÇA

- Acquaah, G. (2009). Principles of plant genetics and breeding. John Wiley & Sons, p. 584.
- Ahmed, A. A., Mohamed, E. A., Hussein, M. Y., Sallam, A. (2021). Genomic regions associated with leaf wilting traits under drought stress in spring wheat at the seedling stage revealed by GWAS. Environmental and Experimental Botany, 184, 1-14.
- Akçura, M., Partigöç, F., Kaya, Y. (2011). Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish bread wheat landraces. Journal of Animal and Plant Sciences, 21(4), 700-709.
- Akram, S., Arif, M. A. R., Hameed, A. (2021). A GBS-based GWAS analysis of adaptability and yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Applied Genetics, 62(1), 27-41.
- Aktaş, B. (2025). Türkiye’de Yetiştiriciliği Yapılan Farklı Orijinli Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Agro-morfolojik Çeşitliliğin Belirlenmesi. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 9(3), 796-809.
- Al-Ashkar, I., Alderfasi, A., Ben Romdhane, W., Seleiman, M. F., El-Said, R. A., Al-Doss, A. (2020). Morphological and genetic diversity within salt tolerance detection in eighteen wheat genotypes. Plants, 9(3), 287.
- Al-Ashkar, I., Al-Suhaibani, N., Abdella, K., Sallam, M., Alotaibi, M., Seleiman, M. F. (2021). Combining genetic and multidimensional analyses to identify interpretive traits related to water shortage tolerance as an indirect selection tool for detecting genotypes of drought tolerance in wheat breeding. Plants, 10(5), 931.
- Alexander, L. M., Kirigwi, F. M., Fritz, A. K., Fellers, J. P. (2012). Mapping and quantitative trait loci analysis of drought tolerance in a spring wheat population using amplified fragment length polymorphism and diversity array technology markers. Crop Science, 52(1), 253-261.
- Ang, K. L. M., Seng, J. K. P. (2021). Big data and machine learning with hyperspectral information in agriculture. IEEE Access, 9, 36699-36718.
- Anjum, F., Yaseen, M., Rasul, E., Wahid, A., Anjum, S. (2003). Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. Pak. J. Agric. Sci., 40(1-2), 45-49.

- Balla, K., Rakszegi, M., Li Zhongy, L. Z., Békés, F., Bencze, S., Veisz, O. (2011). Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech J. Food Sci.*, 29(2), 117-128.
- Balouchi, H. R. (2010). Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. *Int. J. Biol. Life Sci.*, 6(1), 431-441.
- Becker, S. R., Byrne, P. F., Reid, S. D., Bauerle, W. L., McKay, J. K., Haley, S. D. (2016). Root traits contributing to drought tolerance of synthetic hexaploid wheat in a greenhouse study. *Euphytica*, 207, 213-224.
- Bennani, S., Birouk, A., Jlibene, M., Sanchez-Garcia, M., Nsarellah, N., Gaboun, F., Tadesse, W. (2022). Drought-tolerance QTLs associated with grain yield and related traits in spring bread wheat. *Plants*, 11(7), 986.
- Bernardo, R. (2008). Molecular markers and selection for complex traits in plants: learning from the last 20 years. *Crop Science*, 48(5), 1649-1664.
- Bhatta, M., Morgounov, A., Belamkar, V., Baenziger, P. S. (2018). Genome-wide association study reveals novel genomic regions for grain yield and yield-related traits in drought-stressed synthetic hexaploid wheat. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 1-23.
- Blum, A. (2010). Plant breeding for water-limited environments. Springer Science & Business Media, 1-255. doi: 10.1007/978-1-4419-7491-4/COVER
- Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant, Cell & Environment*, 40(1), 4-10.
- Bogard, M., Ravel, C., Paux, E., Bordes, J., Balfourier, F., Chapman, S. C., ..., Allard, V. (2014). Predictions of heading date in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using QTL-based parameters of an ecophysiological model. *Journal of Experimental Botany*, 65(20), 5849-5865.
- Bos, I., Caligari, P. (2008). Selection methods in plant breeding. Springer Science & Business Media, 2.Ed., Dordrecht, Netherlands.
- Boyle, E. A., Li, Y. I., Pritchard, J. K. (2017). An expanded view of complex traits: from polygenic to omnigenic. *Cell*, 169(7), 1177-1186.
- Carlson, T. N., Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3), 241-252.

- Chang-Brahim, I., Koppensteiner, L. J., Beltrame, L., Bodner, G., Saranti, A., Salzinger, J., Molin, E. M. (2024). Reviewing the essential roles of remote phenotyping, GWAS and explainable AI in practical marker-assisted selection for drought-tolerant winter wheat breeding. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1-27.
- Chen, C., Dickman, M. B. (2005). Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen *Colletotrichum trifolii*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(9), 3459-3464.
- Ciuca, M., Todorvska, E., Kolev, S., Nicolae, R., Guinea, I., Saulescu, N. (2009). Marker-assisted selection (MAS) for drought tolerance in wheat using markers associated with membrane stability. *INCDA Fundulea*, LXXVII, 7–12.
- Dallinger, H. G., Löschenberger, F., Azrak, N., Ametz, C., Michel, S., Bürstmayr, H. (2024). Genome-wide association mapping for pre-harvest sprouting in European winter wheat detects novel resistance QTL, pleiotropic effects, and structural variation in multiple genomes. *The Plant Genome*, 17(1), 1-18.
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B., Duggan, B. (2000). Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113, 43-52.
- Devate, N. B., Krishna, H., Parmeshwarappa, S. K. V., Manjunath, K. K., Chauhan, D., Singh, S., Singh, P. K. (2022). Genome-wide association mapping for component traits of drought and heat tolerance in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-20.
- Dodig, D., Zorić, M., Kandić, V., Perović, D., Šurlan-Momirović, G. (2012). Comparison of responses to drought stress of 100 wheat accessions and landraces to identify opportunities for improving wheat drought resistance. *Plant Breeding*, 131(3), 369-379.
- Dorrani-Nejad, M., Kazemipour, A., Maghsoudi-Moud, A. A., Abdolshahi, R. (2022). Wheat breeding for early heading: does it improve grain yield under drought stress and well-watered conditions?. *Environmental and Experimental Botany*, 200, 1-10.
- Dvorak, J., Luo, M. C., Akhunov, E. D. (2011). NI Vavilov's theory of centres of diversity in the light of current understanding of wheat diversity,

- domestication and evolution. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 47(Special Issue), 20-27.
- Edae, E. A., Byrne, P. F., Haley, S. D., Lopes, M. S., Reynolds, M. P. (2014). Genome-wide association mapping of yield and yield components of spring wheat under contrasting moisture regimes. Theoretical and Applied Genetics, 127, 791-807.
- El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., Al-Ashkar, I., Alotaibi, M., Tahir, M. U., Solieman, T., Hassan, W. M. (2020). Combining genetic analysis and multivariate modeling to evaluate spectral reflectance indices as indirect selection tools in wheat breeding under water deficit stress conditions. Remote Sensing, 12(9), 1480.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., Basra, S. M. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable Agriculture (pp. 153-188). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Farshadfar, E., Elyasi, P. (2012). Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. European Journal of Experimental Biology, 2(3), 577-584.
- Fitzgerald, G., Rodriguez, D., O'Leary, G. (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). Field Crops Research, 116(3), 318-324.
- Gao, B. C. (1996). NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 58(3), 257-266.
- Gao, Z., Bian, J., Lu, F., Jiao, Y., He, H. (2023). *Triticeae* crop genome biology: an endless frontier. Frontiers in Plant Science, 14, 1222681.
- Gitelson, A. A., Merzlyak, M. N., Chivkunova, O. B. (2001). Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. Photochemistry and Photobiology, 74(1), 38-45.
- Gizaw, S. A., Godoy, J. G. V., Garland-Campbell, K., Carter, A. H. (2018). Genome-wide association study of yield and component traits in Pacific Northwest winter wheat. Crop Science, 58(6), 2315-2330.
- Gogna, A., Zhang, J., Jiang, Y., Schulthess, A. W., Zhao, Y., Reif, J. C. (2023). Filtering for SNPs with high selective constraint augments mid-parent

- heterosis predictions in wheat (*Triticum aestivum* L.). The Crop Journal, 11(1), 166-176.
- Golabadi, M., Arzani, A., Mirmohammadi Maibody, S. A. M., Sayed Tabatabaei, B. E., Mohammadi, S. A. (2011). Identification of microsatellite markers linked with yield components under drought stress at terminal growth stages in durum wheat. Euphytica, 177, 207-221.
- Gong, Y. H., Zhang, J., Gao, J. F., Lu, J. Y., Wang, J. R. (2005). Slow export of photoassimilate from stay-green leaves during late grain-filling stage in hybrid winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science, 191(4), 292-299.
- Grzesiak, S., Hordyńska, N., Szczyrek, P., Grzesiak, M. T., Noga, A., Szechyńska-Hebda, M. (2019). Variation among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to the drought stress: I-Selection approaches. Journal of Plant Interactions, 14(1), 30-44.
- Gupta, A. K., Kaur, K., Kaur, N. (2011). Stem reserve mobilization and sink activity in wheat under drought conditions. American Journal of Plant Sciences, 2(1), 70-77.
- Haboudane, D., Miller, J. R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P. J., Dextraze, L. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. Remote Sensing of Environment, 81(2-3), 416-426.
- Heffner, E. L., Jannink, J. L., Sorrells, M. E. (2011). Genomic selection accuracy using multifamily prediction models in a wheat breeding program. The Plant Genome, 4(1), 65-75.
- Heino, M., Kinnunen, P., Anderson, W., Ray, D. K., Puma, M. J., Varis, O., Kumm, M. (2023). Increased probability of hot and dry weather extremes during the growing season threatens global crop yields. Scientific Reports, 13(1), 3583.
- Hernandez Molina, P., Appels, R., Eversole, K., Stein, N., International Wheat Genome Sequencing Consortium. (2018). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. American Association for the Advancement of Science, 361 (6403), <http://doi.org/10.1126/science.aar7191>

- Heslot, N., Jannink, J. L., Sorrells, M. E. (2015). Perspectives for genomic selection applications and research in plants. *Crop Science*, 55(1), 1-12.
- Huang, X. Q., Cöster, H., Ganal, M. W., Röder, M. (2003). Advanced backcross QTL analysis for the identification of quantitative trait loci alleles from wild relatives of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 106(8), 1379-1389.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Hütt, C., Bolten, A., Hüging, H., Bareth, G. (2023). UAV LiDAR metrics for monitoring crop height, biomass and nitrogen uptake: A case study on a winter wheat field trial. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Sci.*, 91(2), 65-76.
- Ibrahim, S. E., Schubert, A., Pillen, K., Léon, J. (2012). QTL analysis of drought tolerance for seedling root morphological traits in an advanced backcross population of spring wheat. *International Journal of AgriScience*, 2(7), 619-629.
- Izanloo, A., Condon, A. G., Langridge, P., Tester, M., Schnurbusch, T. (2008). Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany*, 59(12), 3327-3346.
- Kalladan, R., Worch, S., Rolletschek, H., Harshavardhan, V. T., Kuntze, L., Seiler, C., Röder, M. S. (2013). Identification of quantitative trait loci contributing to yield and seed quality parameters under terminal drought in barley advanced backcross lines. *Molecular Breeding*, 32, 71-90.
- Kamran, A., Iqbal, M., Spaner, D. (2014). Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): A key factor for global adaptability. *Euphytica*, 197, 1-26.
- Karsai, I., Vida, G., Petrovics, S., Petcu, E., Kobiljski, B., Ivanovska, S., Veisz, O. (2012). Assessment of the spatial genotypic and phenotypic diversity present in the various winter wheat breeding programs in Southeast Europe. *Euphytica*, 186, 139-151.
- Katuwal, K. B., Schwartz, B., Jespersen, D. (2020). Desiccation avoidance and drought tolerance strategies in bermudagrasses. *Environmental and Experimental Botany*, 171, 1-10.

- Khadka, K., Earl, H. J., Raizada, M. N., Navabi, A. (2020). A physio-morphological trait-based approach for breeding drought tolerant wheat. *Frontiers in Plant Science*, 11(715), 1-26.
- Khakwani, A. A., Dennett, M. D., Munir, M. (2011). Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(2), 135-142.
- Khakwani, A. A., Dennett, M. D., Munir, M., Abid, M. (2012). Growth and yield response of wheat varieties to water stress at booting and anthesis stages of development. *Pak. J. Bot.*, 44(3), 879-886.
- Koua, A. P., Oyiga, B. C., Dadshani, S., Benaouda, S., Sadeqi, M. B., Rascher, U., Ballvora, A. (2022). Chromosome 3A harbors several pleiotropic and stable drought-responsive alleles for photosynthetic efficiency selected through wheat breeding. *Plant Direct*, 6(9), 1-19.
- Koutis, K., Mavromatis, A. G., Baxevanos, D., Koutsika-Sotiriou, M. (2012). Multienviromental evaluation of wheat landraces by GGE biplot analysis for organic breeding. *Agricultural Sciences*, 3(1), 66-74.
- Langridge, P., Reynolds, M. (2021). Breeding for drought and heat tolerance in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 1753-1769.
- Li, Y., Ye, W., Wang, M., Yan, X. (2009). Climate change and drought: A risk assessment of crop-yield impacts. *Climate Research*, 39(1), 31-46.
- Li, C., Li, L., Reynolds, M. P., Wang, J., Chang, X., Mao, X., Jing, R. (2021). Recognizing the hidden half in wheat: Root system attributes associated with drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 72(14), 5117-5133.
- Li, P., Ma, B., Palta, J. A., Ding, T., Cheng, Z., Lv, G., Xiong, Y. (2021). Wheat breeding highlights drought tolerance while ignores the advantages of drought avoidance: A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 122, 126196.
- Li, A., Hao, C., Wang, Z., Geng, S., Jia, M., Wang, F., ... Mao, L. (2022). Wheat breeding history reveals synergistic selection of pleiotropic genomic sites for plant architecture and grain yield. *Molecular Plant*, 15(3), 504-519.
- Lichthardt, C., Chen, T. W., Stahl, A., Stützel, H. (2020). Co-evolution of sink and source in the recent breeding history of winter wheat in Germany. *Frontiers in Plant Sci.*, 10, 1-15.

- Mahlein, A. K., Oerke, E. C., Steiner, U., Dehne, H. W. (2012). Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. *European Journal of Plant Pathology*, 133, 197-209.
- Majer, P. (2008). Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis*, 52(1), 97-100
- Mathew, I., Shimelis, H., Shayanowako, A. I. T., Laing, M., Chaplot, V. (2019). Genome-wide association study of drought tolerance and biomass allocation in wheat. *Plos One*, 14(12), e0225383.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.
- Maulana, F., Huang, W., Anderson, J. D., Ma, X. F. (2020). Genome-wide association mapping of seedling drought tolerance in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 11, 573786.
- Mills, M. C., Rahal, C. (2019). A scientometric review of genome-wide association studies. *Communications Biology*, 2(1), 1-11.
- Misra, S. C., Randive, R., Rao, V. S., Sheshshayee, M. S., Serraj, R., Monneveux, P. (2006). Relationship between carbon isotope discrimination, ash content and grain yield in wheat in the Peninsular Zone of India. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(5), 352-362.
- Mohamed, N., Said, A., Amein, K. (2013). Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) and GGE-biplot analysis of genotype× environment interactions for grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Afr. J. Agric. Res*, 8(42), 5197-5203.
- Mohammadi, R. (2018). Breeding for increased drought tolerance in wheat: a review. *Crop and Pasture Science*, 69(3), 223-241.
- Molero, G., Joynson, R., Pinera-Chavez, F. J., Gardiner, L. J., Rivera-Amado, C., Hall, A., Reynolds, M. P. (2019). Elucidating the genetic basis of biomass accumulation and radiation use efficiency in spring wheat and its role in yield potential. *Plant Biotechnology Journal*, 17(7), 1276-1288.

- Monakhova, O. F., Chernyad'ev, I. I. (2002). Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil draught. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38, 373-380.
- Mondal, S., Singh, R. P., Mason, E. R., Huerta-Espino, J., Autrique, E., Joshi, A. K. (2016). Grain yield, adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crops Research*, 192, 78-85.
- Monneveux, P., Reynolds, M. P., Trethowan, R., González-Santoyo, H., Peña, R. J., Zapata, F. (2005). Relationship between grain yield and carbon isotope discrimination in bread wheat under four water regimes. *European Journal of Agronomy*, 22(2), 231-242.
- Monneveux, P., Jing, R., Misra, S. C. (2012). Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*, 3, 1-12.
- Mwadzingeni, L., Shimelis, H., Dube, E., Laing, M. D., Tsilo, T. J. (2016). Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(5), 935-943.
- Mwadzingeni, L., Figlan, S., Shimelis, H., Mondal, S., Tsilo, T. J. (2017). Genetic resources and breeding methodologies for improving drought tolerance in wheat. *Journal of crop Improvement*, 31(5), 648-672.
- Narasimhamoorthy, B., Gill, B. S., Fritz, A. K., Nelson, J. C., Brown-Guedira, G. L. (2006). Advanced backcross QTL analysis of a hard winter wheat× synthetic wheat population. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(5), 787-796.
- Nilson, T. (1971). A theoretical analysis of the frequency of gaps in plant stands. *Agricultural Meteorology*, 8, 25-38.
- Omar, S. A., El-Hosary, A. A., Wafaa, A. H. (2010). Improving wheat production under drought conditions by using diallel crossing system. *Drought Index (DI). Options Méditerranéennes*, 95, 117-121.
- Paez-Garcia, A., Motes, C. M., Scheible, W. R., Chen, R., Blancaflor, E. B., Monteros, M. J. (2015). Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. *Plants*, 4(2), 334-355.
- Pierce, S. E., Booms, A., Prahl, J., van der Schans, E. J., Tyson, T., Coetzee, G. A. (2020). Post-GWAS knowledge gap: the how, where, and when. *Parkinson's Disease*, 6(1), 1-23.

- Pillen, K., Zacharias, A., Léon, J. (2003). Advanced backcross QTL analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). Theoretical and Applied Genetics, 107, 340-352.
- Poland, J., Endelman, J., Dawson, J., Rutkoski, J., Wu, S., Manes, Y., ... Jannink, J. L. (2012). Genomic selection in wheat breeding using genotyping-by-sequencing. The Plant Genome, 5(3), 103-113.
- Prasad, P. V. V., Pisipati, S. R., Momčilović, I., Ristic, Z. (2011). Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(6), 430-441.
- Qaseem, M. F., Qureshi, R., Muqaddasi, Q. H., Shaheen, H., Kousar, R., Röder, M. S. (2018). Genome-wide association mapping in bread wheat subjected to independent and combined high temperature and drought stress. PLoS One, 13(6), e0199121.
- Qaseem, M. F., Qureshi, R., Shaheen, H., Shafqat, N. (2019). Genome-wide association analyses for yield and yield-related traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under pre-anthesis combined heat and drought stress in field conditions. PloS One, 14(3), e0213407.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, 48(2), 119-126.
- Radocaj, D., Šiljeg, A., Marinović, R., Jurišić, M. (2023). State of major vegetation indices in precision agriculture studies indexed in web of science: A review. Agriculture, 13(3), 707. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030707>
- Rahaman, M. M., Chen, D., Gillani, Z., Klukas, C., Chen, M. (2015). Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. Frontiers in Plant Science, 6(619), 1-15.
- Rahimi, Y., Khahani, B., Jamali, A., Alipour, H., Bihamta, M. R., Ingvarsson, P. K. (2023). Genome-wide association study to identify genomic loci associated with early vigor in bread wheat under simulated water deficit complemented with quantitative trait loci meta-analysis. G3: Genes, Genomes, Genetics, 13(2), jkac320.

- Rahman, M. M., Robson, A. J. (2016). A novel approach for sugarcane yield prediction using landsat time series imagery: A case study on Bundaberg region. *Advances in Remote Sensing*, 5(02), 93.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Fettell, N. A., Long, M., Condon, A. G., Forrester, R. I., Botwright, T. L. (2007). Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research*, 100(1), 10-23.
- Rebetzke, G. J., Bonnett, D. G., Reynolds, M. P. (2016). Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat. *Journal of Experimental Botany*, 67(9), 2573-2586.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of plant Physiology*, 161(11), 1189-1202.
- Reynolds, M. P. (2001). Application of physiology in wheat breeding. *Cimmyt*. (Eds MP Reynolds, JI OrtizMonasterio, A McNab). CIMMYT: Mexico, p. 240.
- Reynolds, M., Dreccer, F., Trethowan, R. (2007). Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 177-186.
- Rousset, M., Bonnin, I., Remoué, C., Falque, M., Rhoné, B., Veyrieras, J. B., ... Goldringer, I. (2011). Deciphering the genetics of flowering time by an association study on candidate genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. and App. Gen.*, 123(6), 907-926.
- Rutkoski, J., Poland, J., Mondal, S., Autrique, E., Pérez, L. G., Crossa, J., ... Singh, R. (2016). Canopy temperature and vegetation indices from high-throughput phenotyping improve accuracy of pedigree and genomic selection for grain yield in wheat. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 6(9), 2799-2808.
- Saini, D. K., Chopra, Y., Singh, J., Sandhu, K. S., Kumar, A., Bazzar, S., Srivastava, P. (2022). Comprehensive evaluation of mapping complex traits in wheat using genome-wide association studies. *Molecular Breeding*, 42, 1-52.
- Senapati, N., Halford, N. G., Semenov, M. A. (2021). Vulnerability of European wheat to extreme heat and drought around flowering under future climate. *Environmental Research Letters*, 16(2), 024052.

- Shamsi, K., Petrosyan, M., Noor-Mohammadi, G., Haghparast, R. (2010). The role of water deficit stress and water use efficiency on bread wheat cultivars. *Journal of Applied Biosciences* 35, 2325-2331.
- Sikhakhane, T. N., Figlan, S., Mwadzingeni, L., Ortiz, R., Tsilo, T. J. (2016). Integration of next-generation sequencing technologies with comparative genomics in cereals. In *Plant Genomics*, Ed. I. Y. Abdurakhmonov, Chapter 2, 29-44.
- Song, L., Wang, R., Yang, X., Zhang, A., Liu, D. (2023). Molecular markers and their applications in marker-assisted selection (MAS) in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture*, 13(3), 642.
- Suliman, S., Alemu, A., Abdelmula, A. A., Badawi, G. H., Al-Abdallat, A., Tadesse, W. (2021). Genome-wide association analysis uncovers stable QTLs for yield and quality traits of spring bread wheat (*Triticum aestivum*) across contrasting environments. *Plant Gene*, 25, 100269.
- Syvanen, A. C. (2005). Toward genome-wide SNP genotyping. *Nature Genetics*, 37(Suppl 6), 5-10.
- Tiwari, R., Sheoran, S., Rane, J. (2014). Wheat improvement for drought and heat tolerance. In *Recent Trends on Production Strategies of Wheat in India*; Shukla, R.S., Mishra, P.C., Chatrath, R., Gupta, R.K., Tomar, S.S., Sharma, I., Eds.; Directorate of Wheat Research: Karnal, Haryana, India, pp. 39-58.
- Van Dijk, A. I., Beck, H. E., Crosbie, R. S., De Jeu, R. A., Liu, Y. Y., Podger, G. M., ... Viney, N. R. (2013). The Millennium Drought in southeast Australia (2001-2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. *Water Resources Research*, 49(2), 1040-1057.
- Wang, B., Chee, P. W. (2010). Application of advanced backcross quantitative trait locus (QTL) analysis in crop improvement. *Journal of Plant Breeding and Crop Sci.*, 2(8), 221-232.
- Wu, L., Chang, Y., Wang, L., Wang, S., Wu, J. (2021). Genome-wide association analysis of drought resistance based on seed germination vigor and germination rate at the bud stage in common bean. *Agronomy Journal*, 113(4), 2980-2990.
- Xu, J., Lowe, C., Hernandez-Leon, S. G., Dreisigacker, S., Reynolds, M. P., Valenzuela-Soto, E. M., ... Heuer, S. (2022). The effects of brief heat

- during early booting on reproductive, developmental, and chlorophyll physiological performance in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13, 886541.
- Yu, H., Zhang, Q., Sun, P., Song, C. (2018). Impact of droughts on winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in Eastern China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9, 376-391.
- Zhao, Y., Zeng, J., Fernando, R., Reif, J. C. (2013). Genomic prediction of hybrid wheat performance. *Crop Science*, 53(3), 802-810.
- Zhao, J., Sun, L., Gao, H., Hu, M., Mu, L., Cheng, X., ... Zhang, Y. (2023). Genome-wide association study of yield-related traits in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal and drought treatment conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1098560.
- Zhou, Z., Majeed, Y., Naranjo, G. D., Gambacorta, E. M. (2021). Assessment for crop water stress with infrared thermal imagery in precision agriculture: A review and future prospects for deep learning applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 106019.
- Zivcak, M., Repkova, J., Olšovská, K., Brestič, M. (2009). Osmotic adjustment in winter wheat varieties and its importance as a mechanism of drought tolerance. *Cereal Research Communications*, 37, 569-572.

BÖLÜM 3

BAZI ODUNSU MEYVE TÜRLERİNİN PEYZAJ ÇALIŞMALARINDA YENİLEBİLİR SÜS BİTKİSİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Sevgi SÜMERLİ ÇAKMAK¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161431>

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

1. GİRİŞ

Kentlerde yoğunlaşan nüfusa bağlı, yerleşim yeri ve yapılaşma da beraberinde artmış ve bu artış ihtiyaç duyulan yeşil alanların kent içinde azalıp, kısıtlı kalmasına sebep olmuştur (Ahmet ve Canan, 2024).

İnsan ve doğa arasında dengeli bir ilişkinin peşinde olmak, bugün toplumsal kalkınmanın ana temalarından biridir. Özellikle ekonomik olarak gelişen şehirlerde, yeşil bir doğal çevreye olan istek ve ihtiyaç giderek daha belirgin hale gelmektedir. Sonuçta, kentsel ekolojik çevrenin sürdürülebilir gelişimi, insan toplumunun gelişiminde yeri doldurulamaz bir yer işgal etmektedir. Kentsel yeşil alanları, kentsel yaşam kalitesini ve çevrenin kalitesini değerlendirmek için önemli bir ölçüttür ve kentsel planlamanın önemli bir parçasıdır. Kentsel yeşil alana olan talep ile kentsel yeşil alanın sürekli azalması arasındaki mevcut çelişki giderek daha ciddi hale gelmektedir. Bu çelişkiyi iyileştirmek için, kentsel bahçe alanının geliştirilmesine ve kullanımına odaklanmak gerekmektedir. Sanatsal teknikler aracılığıyla, bitki peyzajı bitkilerin doğal güzelliğini form, çizgi ve renk açısından tam anlamıyla ortaya koyabilir. Aynı zamanda, botanik peyzajı insanların keyif alacağı güzel ve hareketli bir resim yaratmak için ağaçlar, çalılar, asmalar ve otlar kullanabilir (Tian, 2022).

Peyzaj alanı bitki türüne göre değişir. Bitkilerin dallarının, çiçeklerinin, yapraklarının ve meyvelerinin farklı formları ve renkleri belirgin bitki alanları oluşturur. Bitkiler hacimlerindeki kendi çeşitliliğine ek olarak, aynı zamanda dizilimlerinde mevsimsel bir çeşitliliğe de sahiptir. Bu değişim süreci süs amaçlı kullanılabilir. Antik çağlardan beri, Çin'de bitkilerin mevsimsel güzelliğinin tadını çıkarmak bir gelenek olmuştur. (Tian, 2022)

Geleneksel olmayan süs bitkileri, çekici süs bitkisi özelliklerine sahip, yeterince değerlendirilmemiş ve keşfedilmemiş bitki türleri veya ticari açıdan önemli ürünlerin akrabalarıdır, ancak potansiyel süs değeri tam olarak gerçekleştirilmemiştir ve öncelikle süs/çiçekçilik ürünü olarak tanınmamış veya ele alınmamıştır. Ticari açıdan önemli bir dizi meyve ürünü, plantasyon, sebze, baharat ve aromatik bitkinin, doğrudan ekonomik bir ürün olarak yetiştirilemeyen ancak genetik zenginliği taşıyan çok sayıda yabani akrabası vardır. Bu yabani türlerin bazıları, güzel çiçekleri, meyveleri ve yaprakları ile çekici bitki özelliklerine sahiptir ve ticari benzerlerinden farklı görünmektedir. Son yıllarda, yabani bitkilerden gelen yeni süs türlerinin çoğu, vejetatif ve

üreme özelliklerini iyileştirdikten sonra, süs bahçeciliği için tanınmakta ve evcilleştirilmektedir. Bu nedenle elma, erik, muz, nar, zencefil, ananas, lahana ve kara lahana gibi geleneksel olmayan süs türlerinin tanımlanması, genetik zenginliği, değişkenliği ve iyileştirilmesi hakkındaki güncel bilgiler tartışılmaktadır (Janakiram ve ark., 2021).

Son yıllarda, artan gıda tüketimi ve bunların yetersizliği yeni gıda ürünlerini tanımlama ihtiyacını arttırmıştır. Tarımsal biyoçeşitlilik sürdürülebilirliğin önemli bir unsurudur, bu nedenle yeni yenilebilir bitkileri tanımlamak gıda güvenliği için en etkili stratejilerden biridir. Estetik yönü gıda yönüyle birleştiren yenilebilir ve süs bitkileri, özellikle kentsel bahçecilikte ve küçük yazlık bahçelerde bir kaynak olabilir, çünkü ayrı alanlara yerleştirilmeleri gerekmez ve birlikte yetiştirilerek büyük faydalar elde edilebilir. Süs bahçelerinde gıda bitkileri, özellikle meyve ağaçları yetiştirmek, Akdeniz bölgesinde oldukça yaygın bir gelenektir. Hem yenilebilir hem de süs amaçlı türler çok sayıdadır ve her zaman bilinmemektedir. Akdeniz bahçeciliğinde olası kullanım için süs ve yenilebilir bitkileri ayırt etmek için, yenilebilir bitkiler ve geleneksel bahçelerinin florası hakkında farklı referansların analizi yoluyla araştırmalar yapılmaktadır (Toscano ve ark., 2009).

Yenilebilir çiçeklerin popülaritesi sürekli artmaktadır; giderek daha fazla restoran bu ürünleri yemek süslemesi veya gerçek içerik olarak sunarak, yemek hazırlamanın tabaklanmasını ve besinsel faydalarını iyileştirmektedir. Yenilebilir çiçeklerin çoğu süs otsu bitkilerinden (örneğin menekşe, nasturtium, kadife çiçeği) veya aromatik bitkilerden (örneğin adaçayı, lavanta, biberiye, fesleğen, anason mercanköşk) üretilir, ancak çeşitli süs ve meyve ağaçlarının çiçekleri geleneksel kır yemeği tariflerinde yenmektedir. Avrupa'da, *Fabaceae* (akasya, mimoza, erguvan, sarmaşık) ve *Malvaceae* (ebegümeci ve ıhlamur) familyasına ait bitkileri, portakal, elma, armut ağacı ve mürver, yasemin, leylak gibi meyve türleriyle birlikte, ilginç tada sahip olmalarına rağmen, geleneksel ve yenilikçi gıda hazırlamada yenilebilir çiçek kaynağı olarak saymak mümkündür. Dünyanın diğer bölgelerinde, tırmanıcı bitki ve ağaçların çeşitli egzotik çiçekleri diyetle takviye olarak tüketilmektedir. Bu türler arasında *Clitoria ternatea*, *Erythrina americana*, *Erythrina berteroana*, *Sesbania grandiflora* (*Fabaceae*), *Bombax ceiba* (*Malvaceae*), *Arbutus xalapensis* (*Ericaceae*), *Acca sellowiana* (*Mirtaceae*), *Madhuca indica* (*Sapotaceae*),

Moringa oleifera (Moringaceae), *Musa acuminata* (Musaceae), *Yucca* sp. (Asparagaceae) önemli bir protein, karbonhidrat, vitamin, mineral madde ve antioksidan kaynağıdır (Copetta ve ark., 2021).

Yenilebilir peyzaj, yiyecek, lezzet ve süs görünümü gibi birden fazla işlevi yerine getirecek sebzeleri, otları, meyveleri ve çiçekleri kullanmanın bir yoludur. Yenilebilir peyzaj, ev kullanımı için sebze, meyve ve ot üreten geleneksel peyzajlara bir alternatif sunar. Yenilebilirler bağımsız olarak yetiştirilebilir veya mevcut bahçelere ve bahçelere estetik açıdan hoş tasarımlar halinde süs bitkileriyle karıştırılabilir. Birçok yenilebilir bitki peyzajda mükemmel bir şekilde işlev görür, örneğin hurma ağacı peyzajda büyük bir ağaç olarak yaygın olarak kullanılır, baharat olarak kullanılan biberiye düşük büyüyen çok yıllık çitler için uygundur ve mor fesleğen saksılar için koyu yapraklı yıllıklar için mükemmel bir alternatiftir. Yenilebilir peyzaj ihtiyacı, nüfusun artması ve dünya çapında kentsel toplulukların yayılması nedeniyle daha fazla ilgi kazanmaktadır, çünkü yenilebilir süs bitkilerinin uygulanmasının faydalarını ve yöntemlerini veya yenilebilir peyzaj olarak adlandırılmayı tercih edilenleri açıklamamıza yol açan birçok hedefe sahiptir. (Fetouh, 2018).

Peyzaj tasarımlarının olmazsa olmaz unsurlarından bazıları bitkilerin yaprakları, çiçekleri, meyveleri, dalları ve ağaç formu, farklı renk değişimleri ve güzel kokuları ile değerlendirildikleri ortamlara görsel olarak çekici yorumlar katar. Odunsu meyve türleri de bu bitkilerden olup, her mevsim değişen renkleri ile büyüleyip, çiçek ve meyveleri ile doğadaki canlılara besin olup, ürettiği oksijen ile ekolojik dengeye de katkı sağlamaktadır. Bu çalışma meyve ağaçlarının yenilebilir süs bitkisi olarak peyzaj çalışmalarında değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymayı ve bu meyve ağaçlarının bazıları hakkında bilgi vermeyi amaçlamıştır.

1. Hünnap (*Ziziphus jujuba* L.)

Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) Rhamnaceae familyasına aittir. Yüksekliği 5-10 m kadar çıkabilen ağaç ya da çalı formunda bir bitki olup, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında çiçeklenmektedir.

Hünnap meyvelerinin uzunluğu yaklaşık 2 cm, hurma şeklinde ve tatlı müsülaj kıvamına benzemekte olup, olgunlaşmamış meyveleri yeşil, olgunlaşan

meyveler ise sarı veya kırmızıdan kahverengiye kadar farklı renklere sahip olabilmektedir (Davis, 1967; Özkan, 2017).

Tüm Hünnap (*Ziziphus jujuba*) çeşitleri meyve ağacı olarak ve peyzajda kullanılabilir, ancak süs bitkisi olarak en önemli olanlarından dört tane çarpıcı çeşidi bulunmaktadır: Dragon, Mushroom, So ve Teapot. Bu çeşitler dekoratiftir ve meyve, ağaç şekli veya her ikisi için de yenilebilir peyzaj bitkileri olarak kullanılabilir. Dragon, küçük meyveleri ve düğümlü ağaçları ile en çok test edilen cüce çeşittir ve peyzajlarda dört mevsim süs amaçlı kullanıma uygundur. Bir diğer çeşit olan 'Mushroom', test edilen dört çeşit arasında en dekoratif meyve şekline sahip olandır ve güçlü, verimli özelliklere sahiptir. Teapot çeşidi ise düzensiz meyve şekillerine, güçlü ve üretken bitkilere sahiptir. Dört çeşidin hepsi müşterilerin tercihlerine ve alan kullanılabilirliğine/sınırlamasına bağlı olarak iyi yenilebilir peyzaj bitkileri arasına girmektedir (Yao ve Heyduck, 2018). Benzersiz meyve şekli, meyve rengi değişimi veya ağaç şekli gibi süs özellikleriyle iyi bilinen bazı çeşitler, aynı zamanda yenilebilir peyzaj bitkileri olarak da uygundur (Liu ve Wang, 2009). Peyzajlarda yenilebilir bitkilerin kullanılması, ek sağlık, estetik ve ekonomik faydalar sağlayan süs bitkileri sağlayarak bir bahçeyi geliştirebilir (Creasy, 2009). Bu hünnap çeşitleri en iyi meyve kalitesine veya en yüksek verime sahip olmayabilir ancak diğer ağaç çeşitlerinden veya yaygın süs ağaçlarından daha fazla keyif sağlayabilirler.

2. Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* L.)

Yöresel adı Boz Armut olan *Pyrus elaeagnifolia* L., Rosaceae familyasına ait olup, Balkan Yarımadası'nın batı ve kuzeyine kadar, Kırım ve Türkiye'den batı İran'a kadar dağılmış dağlık bir yabancı armut ağacıdır. 15 metreye kadar boylanabilen, geniş mızrak şeklinde, ters mızrak şeklinde, bazen ters oval-dikdörtgen veya spatula benzeri yapraklara sahip, elma ve armut biçiminde veya yassı küreye kadar değişen şekilleri olan bir türdür (Khatamsaz, 1992) Dikkat çekici ve büyüleyici beyaz renkli çiçekleri toplu halde olup bir arada bulunmaktadırlar (Özer, 2019). Ayrıca bitkinin çeşitli tedavi edici ve besleyici özellikleri de olduğu bilinmektedir (Güneş, 2017).

Son yıllarda peyzaj çalışmalarında, değişen küresel iklim koşulları göz önünde bulundurularak çevresel faktörlere, kuraklığa, hastalıklara karşı daha dayanıklı bitkilerin tercih edilmeye başlandığı bir süreç içinde olduğumuz

gözlemlenmektedir. Bu sebepten ötürü doğal koşullar içinde kendiliğinden yetişen ve o yöreye adapte olmuş bitkilerin süs bitkisi olarak kullanımı artmaktadır. Ülkemizde yoğun bir şekilde bulunan *Pyrus* (Ahlat) ağacının türlerinden *Pyrus elaeagnifolia* L.’nin özellikle kentsel mekanlar başta olmak üzere peyzaj mimarlığı çalışmalarında süs bitkisi olarak kullanılma imkanı olduğu belirlenmiştir. Bu bitkinin ağaç formu, çiçekleri, dal ve gövde renkleri, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık, meyve özellikleri, gibi daha pek çok fonksiyonu olması ağacın peyzaj çalışmalarında süs bitkisi olarak kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur (Özer, 2019).

3. Yaban mersini (*Myrtus communis* L.)

Myrtaceae familyasına ait olan bu tür genellikle kısa boylu ender olarak da 1-3 m kadar boylanabilen çalı ve küçük ağaç olarak yetiştirilmektedir (Oğur, 1994). *Myrtus communis* L.’nin deniz seviyesinden 500-600 metre yükseklikte Toros Dağları’nda, çam ormanları ve nehir kenarlarında doğal olarak yetişmektedir. Ülkemizde daha çok “mersin”, “murt”, “hambeles” ve “adi mersin” olarak da bilinmekte olup bazı yerlerde ise yaprağı “bahar” olarak adlandırılmaktadır (Oğur, 1994; Aydın ve Özcan, 2007; Avcı ve Bayram, 2008).

Yaban mersini’nin meyvesi ve yaprakları aromatik bir lezzete sahip olup olgunlaştığında taze olarak yenebilir veya daha sonra lezzet verici madde olarak kullanmak için kurutulabilir. Çiçekleri gösterişli ve hoş bir lezzete sahip olduğundan özellikle Avrupa mutfaklarında sıklıkla kullanılmaktadır (Genders, 1994; Farah vd., 2006). Bunun yanı sıra meyvelerinin tanen içeriği bakımından zengin olduğu belirlenmiştir (Canhoto vd., 1998). Ayrıca geleneksel olarak antiseptik ve dezenfektan ilaç olarak yaygın şekilde kullanılan bir bitkidir (Bravo, 1998).

Tarımsal değerlerine ek olarak, ev bahçelerinin estetik tercihlerine hitap eden ve süs bitkisi olarak yaban mersini çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik giderek artan bir talep de bulunmaktadır (Lopez vd., 2012). Yaban mersini bitkisinin özellikle süs bitkisi olarak kullanılacak çeşitleri, kompakt büyüme alışkanlıkları, canlı sonbahar yaprakları, zengin meyve renkleri (mavi, kırmızı ve mor) ve daha büyük meyve boyutları ile karakterize edilen konut ve ticari peyzaj alanlarının görsel çekiciliğini artırmak için özellikle tasarlanmıştır (NeSmith ve Ehlenfeldt, 2011).

4. Dağ Çileği (*Arbutus unedo* L.)

Dağ çileği (*Arbutus unedo* L.), fundagiller (*Ericaceae*) familyasından olup meyveleri yenen bir çalı ve ağaçlık türüdür. Boyu 5-10 metre arasında değişmekle beraber nadiren de olsa 15 metreye ulaşan türleri de mevcut olup, meyvesi küre biçiminde, 1-2 cm çapında, yüzeyi pürüklü, başlarda rengi yeşilimsi olup olgunlaştıkça ateş kırmızısı veya portakal rengine döner. Meyveler toplanmazsa 1 sene boyunca yani bitki yeni meyve verene kadar dalında kalabilmektedir. Dağ çileğinin anavatanı, Anadolu'nun da içinde yer aldığı Yunanistan, Lübnan, İrlanda ve Güney Avrupa bölgesi olup Akdeniz iklimine ait bir bitkidir (Sakaldaş, 2012). Türkiye' nin daha çok kıyı kesimlerinde, Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır (Pekdemir, 2010).

Dağ çiçeğinin, diğer adıyla kocayemişin çiçeklenme dönemi eylül-mart aylarıdır. Kocayemiş, beyaz ya da pembemsi renk alan, sarkık kümeler halinde bulunan ve çok güzel kokan çiçeklere sahiptir. Bu bitkiyi görsel olarak ilgi çekici hale getiren bir diğer özellik, olgunlaşan meyvelerin ve çiçeklerin ağaç üzerinde aynı dönemde bulunabilmesidir (Şenyurt ve ark., 2011). Gösterişli meyveleri ve etkileyici çiçekleri ile görsel şölen sunması, süs bitkisi olarak da park ve bahçelerde kullanılmasına imkan sağlamaktadır.

5. Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq)

Crataegus cinsi *Rosaceae* ailesine ait olan alıç, dünya çapında yaklaşık 1000 türü olup Çin, ABD, Fransa, Büyük Britanya ve Meksika dahil olmak üzere Kuzey Yarımküre'deki birçok ülkede yaygın olarak bulunur. Olumsuz iklim koşullarına toleranslı olan alıç, bu sayede dünyanın birçok bölgesinde yetişip yayılma alanı bulmuştur. Uyum problemi yaşamadan çok basit bir şekilde kültüre alınıp üretilen alıç dünyanın farklı kıtalarında, farklı iklim özelliklerinde bile yetiştirilebilme olanaklarına sahiptir (Hobbs ve Foster, 1990). *Crataegus laevigata* paul's scarlet (pembe çiçekli süs alıç)'ın anavatanı olarak Avrupa, Kuzey Afrika ve Asya kıtasının ılıman bölgeleri olup, 15 m yüksekliğe kadar boy yapabilmektedir. Spiral şeklindeki yaprakları ve dikenli dalları olan bu bitki, mayıs ayında pembe ve beyaz renklerde açan çiçeklere sahiptir. Sonbaharda ise yaprak rengi kırmızıya döner ve bitki üzerinde kırmızı meyveler oluşur. Alıç, tuza karşı toleranslı olup, ılıman iklimleri sever. Su kenarlarında, yol ağaçlandırmalarında, ev ve meyve bahçelerinde tek veya

birkaç ağaç olarak yetiştirilmekte ve bahçelerde sınır bitkisi olarak kullanılmaktadır (Anonim 4, 2025).

Alıç, estetik ağaç formu ve güzel çiçeklerinden dolayı, süs bitkisi olarak peyzaj çalışmalarında sıkça değerlendirilen bir süs bitkisidir (Shrauder, 1977; Kurzmann ve Schimmer, 1996). Doğal habitatı içinde farklı türleri ile zenginlik katmasının yanında yaban hayatında, çiçeklerinden ve meyvelerinden beslenerek yaşayan canlılar için önemli bir besin olmaktadır (Martin ve ark., 1961; Morgenson, 1999). Ayrıca yaban hayatının sürdürülebilirliği açısından hayvanlara barınma ve beslenme imkanı tanıdığı için de büyük bir öneme sahiptir. Bu bitki yüksek oranda oksijen üretmesinin yanı sıra ağır metallere, kuraklığa, hastalık ve zararlılara karşı da dayanıklı olması da büyük avantaj sağlamaktadır. Görsel olarak göz alıcı çiçeklere sahip olması kara ve demir yollarının peyzaj düzenlemelerinde kullanılmasına fırsat tanımakta, derin kök yapısı sayesinde erozyonun önlenmesi, genetik çeşitliliğin korunması ve yaban hayatının sürdürülebilirliğini sağlamasından dolayı büyük ilgi görmektedir (Aydemir, 2022).

6. Dut (*Morus Alba*)

Dut; 15 m'ye kadar boylanabilen, hızlı büyüeyebilen, silindirik gövdeli, 6-8 metreye ulaşabilen taç yapısı, seyrek ve top görünümlü bir ağaçtır. Son yıllarda sağlık üzerine yapılan çalışmalarla önemi anlaşılan dut, Urticales takımının Moreceae familyasının Morus cinsine aittir. Moreceae familyasına ait 73 cins olduğu ve bu cinslerinden çoğunun sıcak ve tropik iklime sahip bölgelere yayılmış yaklaşık 100 türü olduğu belirlenmiştir (De Candolle, 1967). Morus Alba'nın Güney yarım kürenin tropik iklime sahip kısımlarından Kuzey yarımkürenin subtropik kısımlarına kadar değişen sıcaklık, iklim ve toprak koşullarında kolaylıkla yetişebilmektedir (Ercişli ve Orhan, 2007). Anavatanı Çin olan Morus alba kagayamae (*Morus platanifolia*), 15 m'ye kadar çıkan yüksekliğe sahip olup, gövdesi silindirik, dik ve kalın; kabuk çatlaklı ve gri-kahve rengi, yaprakları saplı, iki sıra üzerine dizilmiş, tabanı yuvarlak veya kalp şeklinde olup kenarları dişlidir. Peyzaj kullanımında daha çok meyve vermeyen ve çınar yapraklı dut ağaçları tercih edilmektedir (Anonim 2, 2025). Bahçelerde tek veya grup olarak kullanılabilmesinin yanında, sınır ve yol ağacı olarak da kullanılabilirler. Ters aşı yapılarak oluşturulan sarkık şeklindeki formu ise park ve bahçelerde odak bitkisi olarak ilgi görmektedir. Aynı zamanda

yaprakları ipek böcekleri, meyveleri ise kuşlar için zengin bir gıda kaynağıdır (Gül ve ark., 2011).

Dut ağaçları hem lezzetli meyveleri hem de süs bitkisi olarak park ve bahçelerde uzun bir kullanım geçmişine sahiptir. Birkaç türü özellikle süs bitkisi olarak kullanılması için özel olarak yetiştirilmektedir. Bunun yanında dut ağaçları şehir, ev ve bahçelerde gölgeleme, sınır ağacı, çit bitkisi ve peyzaj çalışmaları için kullanıma oldukça uygundur (Anonim 1, 2025).

7. Badem (*Prunus amygdalus*)

Badem (*Prunus amygdalus*) çok yıllık meyve ağaçlarının en önemlilerinden olup besin değeri yüksek, yenilebilir bir çekirdek içeren, yuvarlak-oval arası sert kabuklu bir meyvedir (Ardjmand ve ark., 2014; Barros ve ark., 2012). Bademin anavatanı Orta Asya'nın dağlık bölgeleri olduğu, zamanla Akdeniz havzasına yayıldığı ve Türkiye'nin bademin gen merkezlerinden biri olduğu belirlenmiştir (Sykes, 1975).

Ağacın boyu 4–9 m uzunluğunda, mızrak şeklindeki yapraklar yaklaşık 6–12 cm olup kenarı dişlidir. Çiçekler genelde beyaz veya açık pembe renginde ve 3–5 cm çapında olup yapraklardan önce erken ilkbaharda açarlar. Dünyanın ılıman iklime sahip kuzey bölgelerine yayılmış yaklaşık 430 türü olduğu ve bunların pek çok üyesinin yaygın olarak meyvesi için kapama bahçelerde yetiştirildiği ve ayrıca süs bitkisi olarak da değerlendirildiği bilinmektedir. Süs bitkisi olarak değerlendirilecekler arasında çalı, ağaççık ve ağaç şeklinde türleri de vardır. *Prunus amygdalus*'un yaprakları basit, hançer şeklinde ve yaprak sapı üzerinde nektar olan bir forma sahiptir. Geç kış ve erken ilkbaharda çiçekler kırmızı, beyaz, pembe renklere sahiptir. Peyzaj tasarımlarında çoğunlukla çiçekleri bazen de yaprak ve kabuklarından dolayı süs bitkisi olarak kullanılırlar (Anonim 3, 2025).

8. Ceviz (*Juglans regia* L.)

Ceviz (*Juglans regia* L.) dünyada meyvesi ve kerestesi ile ön plana çıkmış, ılıman iklim kuşağında geniş bir alana yayılma fırsatı bulmuş önemli bir odusu meyvedir (Akça, 2009). Ceviz ağacı 20-30 m yüksekliğe kadar çıkabilen, gövdesi gri renkte ve yaşlandıkça gövdede çatlamalar oluşan odunsu bir meyve türüdür. Ceviz ağaçları, Orta Asya'dan Doğu Avrupa'ya kadar, İran, Türkiye, Irak, Afganistan, Güney Rusya ve Kuzey Hindistan'ı da kapsayan çok büyük bir bölgeye yayılmıştır. Dünyada daha çok İran cevizi veya İngiliz cevizi

olarak tanınması ile beraber angiosperm ailesinin en besleyici ve en çok tercih edilen türlerinden biridir (Fatima ve diğ., 2018). Dünyada ılıman iklim bölgesini kapsayan geniş bir coğrafyada doğal olarak yetişen bir çok ceviz türü mevcut olup, ülkemizde yayılma alanı bulmuş ve yetiştiriciliği yapılabilen tek tür *Juglans regia*'dır (Şen, 2011).

Tohum ve aşı ile kolaylıkla çoğaltılabilen bir tür olup. park ve bahçelerde soliter ya da gruplar halinde kullanılabilir. Bahçe-tarla kenarlarında sınır ağacı, kitle ağacı, rüzgar ve ses perdesi olarak değerlendirilebilir. Yaban hayatının çoğalabileceği ve sürdürülebilirliğinin sağlanabileceği habitatlar oluşturma amacına hizmet edebilir (Gün ve ark. 2006).

9. Turunç (*Citrus aurantium* L.)

Düşük sıcaklıklara karşı toleranslı, tropik ve subtropik iklim bölgesine ait bir bitki olan *Citrus aurantium* L.'nin anavatanı Güneydoğu Asya'dır (Mercolini ve ark. 2010). Herdem yeşil, dikenli, oval-yuvarlak ve dağınık tepe şeklindeki formu ve 4-7 m boylanabilen odunsu bir meyve ağacıdır. İlkbahar (mart-nisan) aylarında tek veya küçük kümeler şeklinde açan çiçekleri küçük ve beyaz renge sahip olup çok güzel kokular yayar (Kurşun, 2014).

Citrus aurantium L., diğer turunçgil tür ve çeşitleri gibi meyve üretimi açısından çok tercih edilen ve yaygın olarak tarımı yapılan bir ürün olmamasının yanı sıra birçok Akdeniz ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de yerleşim yerlerindeki açık alanlarda süs bitkisi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle Ege ve Akdeniz illerinde gerek yol ve bulvarlarda gerekse park ve bahçelerde yaygın olarak peyzaj çalışmalarında süs bitkisi olarak kullanılan bir ağaçtır (Yerlikaya ve ark., 2016).

10. Kiraz eriği, Süs eriği (*Prunus cerasifera* Ehrh.)

Mor yapraklı erik veya kiraz eriği, genellikle kısa ömürlü, orta büyüklükte, süs amaçlı, yaprak döken bir ağaçtır. Ağaç dik ve dallıdır, yuvarlak ila vazo biçimli bir taç ve kırılğan bir oduna sahiptir. İlkbaharda yapraklar ortaya çıktıkça, çok sayıda organı olan küçük, hoş kokulu, saf beyaz, 5 yapraklı çiçekler açar. Yapraklar yeşil, oval veya eliptiktir ve kenarları tırtıklıdır. Meyveler, eğer üretilirse, kiraz benzeri sarı veya kırmızıdır ve kuşlar için çok çekicidir. Bu türün çeşitleri veya çeşitleri koyu kırmızımsı mor yapraklara ve soluk pembe veya lavanta çiçeklerine sahiptir. Bu çeşitlerin benzersiz özelliği, yaprakların sonbaharda düşene kadar mor rengini korumasıdır. Mor yapraklı

çeşitler, ev peyzajında örnek olarak en iyi şekilde kullanılır ve yaprakları üç mevsim ilgi çekicidir (Anonim 5, 2025).

Kiraz eriği olarak bilinen *Prunus cerasifera* Ehrh. erik benzeri yenilebilir meyveler üreten, karmaşık ve bazen dikenli dalları olan küçük, çalı gibi bir ağaçtır. Bu bitkinin anavatanı Balkanlar olup, yayılım alanı Karadeniz ve Küçük Asya'ya kadar uzanmaktadır. Çok çeşitli alanlara kolayca adapte olabilen tutumlu bir türdür. Orman kenarlarında, açık ormanlık alanlarda ve bozulmuş alanlarda yetişir. Birçok farklı çeşidi olan *Prunus cerasifera* Ehrh., esas olarak çok güzel renklere sahip olan yaprak, çiçek ve tomurcuklarından dolayı bir süs bitkisi olarak peyzaj çalışmalarında, ikinci olarak da meyve üretimi için yetiştirilmektedir. (Popescu ve Caudullo., 2016). Kiraz eriğinin hafif kokulu çiçekleri polinatörler ve diğer böcekler için çok önemlidir ve ilkbaharın başlarında bal arıları için de önemli bir nektar kaynağıdır. Aynı zamanda bir süs bitkisi olarak kullanılan ve erken çiçek açan bu türün dekoratifiği nedeniyle peyzaj mimarisi ve tasarımındaki uygulaması ihmal edilmemelidir. Dekoratif bitkiler, çevrenin kalitesi ve karbon emilimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmasının yanı sıra mekanın estetiği, peyzaj düzenlemesi ve vatandaşların refahı üzerinde de etkisi olan kentsel çevrede önemli bir unsuru temsil eder (Zuo ve Zhao, 2014; Rodutoiu ve Stefanesev, 2017; Lo Piccolo ve Landi, 2021).

11. Süs elması (*Malus floribunda* L.)

Hem meyve yetiştiriciliği hem de süs bitkisi yetiştiriciliği için, farklı çevresel streslere dayanıklı bitki çeşitliliğinin oluşturulması ve yüksek verimliliklerinin sürdürülmesi bu bitkide öne çıkan özelliklerin başında yer alır. Kuraklık, bitki büyümesini ve gelişimini engelleyen ve bitki organizmalarında bir dizi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliğe neden olan en önemli çevresel faktörlerden biridir (Konopelko ve ak., 2023)

Malus floribunda, doğal olarak Japonya'nın Honshu adasına özgü olup çoğunlukla süs bitkisi olarak yetiştirilir ve 4-7 m kadar büyüeyebilen bu ağaç, dik, yayvan bir taç yapısına sahiptir. Göz alıcı güzelliği nedeniyle bahçe ve parklarda peyzaj düzenlemelerinde sıklıkla kullanılır. Süs elması, yaz aylarında yeşil renkte olan, sonbaharda ise genellikle sarı renge dönen yapraklarıyla da oldukça dikkat çekici bir görünüşe sahiptir. Ayrıca küçük, parlak kırmızı

meyveler oluşturarak mevsim itibariyle ayrı bir görüntü sergiler (Eminağaoğlu ve ark., 2021; Aşur ve Alp 2013).

Malus floribunda L., Rosaceae familyasına ait ve yaygın olarak “Japon Elması veya Süs Elması” olarak bilinen bir ağaç türüdür. Japonya kökenli olan bu ağaç, gösterişli çiçekleriyle dikkat çeker ve bahçelerde estetik değeri yüksek bir bitki olarak tercih edilir. Süs elması daha çok peyzaj çalışmalarında görsel çekicilik sağlamak, çiçeklenme döneminde renkleri ile göz alıcı bir etki yaratmak ve canlıların doğal yaşamına katkı sağlamak amacıyla kullanılır (Eminağaoğlu ve ark., 2021; Aşur ve Alp 2013). Süs elmasının en dikkat çekici özelliği, çok yoğun çiçeklenmesi ve çiçek renginin çok etkileyici bir görsel özelliğe sahip olmasıdır. İlkbaharda, dallarında yoğun kümeler halinde küçük pembe veya kırmızı-pembe çiçekler açar. Bu çiçekler, ağacın gövdesiyle birleşerek ağaç üzerinde büyüleyici bir görüntü oluşturur (Eminağaoğlu ve ark., 2021; Aşur ve Alp 2013).

12. Zeytin (*Olea europaea* L.)

Oleacea familyasının bir üyesi olan zeytinin (*Olea europaea* L.) anavatanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni de içine alan Yukarı Mezopotamya ve Güney Ön Asya’dır. (Eskiyörük, 2016). Zeytin, adının kökeni Yunanca *elaia*, Latince *olea*’dan gelmekte olup boyu 2-10 metre arasında değişen fakat 15-20 metreye kadar da çıkabilen bir bitkidir. Genellikle 300-400 yıl gibi uzun ömürlü bir ağaç olan zeytinin 2000 yıl yaşayanları da vardır ve bu özelliği onun kuraklıktan etkilenmeyen bir bitki olduğunu göstermektedir. (Dara, 2010). Kışın yaprak dökmeyen ve herdem yeşil olan zeytin ağacı, 100 yılından fazla yaşaması, güzel ve parlak forma sahip sert odunu, yaşlandıkça kıvrılan ve değişik bir form alan gövdesi ve daha bir çok özelliğinden dolayı antik çağlardan günümüze kadar insanoğlunu büyülemeye devam etmiştir (Elinç ve Kaya 2012).

Zeytin meyvesinin büyümesi ve olgunlaşması, normal iklim koşullarında yaklaşık 5 ay süren uzun bir süreçtir. Ancak soğuk iklim koşullarında büyüme daha yavaştır (Boskou, 1996). *Olea europaea* L.’nin ekim-ocak aylarında olgunlaşan sert çekirdekli meyveleri, oval bir şekle sahip olup başlarda yeşil rengini alır, olgunlaştıkça siyah, kahverengimsi yeşil bir renk alır. Park ve bahçelerde tek başına odak veya geçiş bitkisi olarak kullanılabilmesinin yanında yol kenarlarında gölge sağlama, erozyon kontrolü, doğal ve

bozulmamış çevreyi destekleme amaçları doğrultusunda da değerlendirilebilmektedir (Gül ve ark. 2011).

13. Yalancı iğde, Yabani iğde (*Hippophae rhamnoides* L.)

Yabani iğde türleri büyüme ve gelişme durumuna göre bodur veya büyük bir çalıdan ağaç (4-5 m) formuna kadar değişim gösterebilir. Meyvesi ve çalı yapısındaki şekli nedeniyle üzüksü meyveler grubunda değerlendirilen yabani iğde Elaeagnaceae familyasının Hippophae cinsine ait olup kuş iğdesi ile yakın akrabadır (Suryakumar ve Gupta, 2011). Yabani iğde ülkemizde yalancı iğde, diken gagası, cıcılık, çay çalısı, ciskan, ılgaz, sincan, karga dikeni gibi yerel isimlerle de bilinmektedir (Baytop, 1991). Yabani iğde -40 °C'den +40 °C'ye kadar olan sıcaklıklardan (Vilas-Franquesa ve ark., 2020) ve deniz seviyesinden 2000 m rakımlı bölgelere kadar (Kumar ve ark., 2011) hemen hemen her yükselti ve iklim koşulunda yetişebildiği için Avrupa'nın Atlantik sahillerinden Kuzey Batı Çin'e kadar geniş bir alanda yayılış göstermektedir. Yabani iğde Türkiye'de Kuzey ve Doğu Anadolu Bölgelerinde doğal olarak yetişme imkanı bulmuştur (Guliyeva ve ark., 2004; Zeb, 2004).

Yabani iğde kışın yaprağını döken bir bitki olup hemen her tür toprakta yetişebilmektedir. Soğuğa ve kurağa dayanıklıdır. Küçük, gösterişsiz fakat güzel kokan sarımsı çiçekleri baharda açılır. Bitkinin dalları gri renkte ve dikenli, yaprakları ise gümüşü-gri renktedir (Suryakumar ve Gupta, 2011). Meyve ham iken sert ve yeşilimsi renkte olup olgunlaştıkça yumuşar, turuncu veya turuncu-kırmızı renk alır. Meyvenin yaklaşık %68'i et, %23'ü tohum ve %7.75'i kabuk olup eylül-ekim aylarında olgunlaşır. Meyveler kış boyunca bitki üzerinde kalabilir. Bu nedenle yabani hayvanların özellikle kuşların sevdiği bir gıdadır. Tohum her meyvede bir adet olup sert kabukludur (Suryakumar ve Gupta, 2011).

4. SONUÇ

Kentsel ve kent çevresi alanlardaki süs bitkileri iklimin hafifletilmesi, hava ve toprak kirliliğinin azaltılması, sakinlere yiyecek sağlanması ve yaşlılar ve gençler için buluşma noktaları oluşturulması için kullanılabilir. Bitkiler çok çeşitli türlere ait olabilir. Süs bitkisi olarak kullanılacak odunsu meyve türlerinin doğru seçimi, kentsel alanların estetik görünümünün iyileştirilmesini sağlayabilir ve bitkilerin biyoçeşitliliğini artırabilir. Bu süs bitkileri, abiyotik stres toleransları dikkate alınarak seçilebilir. Kentsel ve kent çevresi alanlar

düşük su bulunabilirliği, tuzluluk ve yüksek veya düşük sıcaklıklarla karakterize edilebilir ve bu koşullarda uygun türler kullanılmalıdır.

Peyzaj çalışmalarında değişen iklim koşulları göz önünde bulundurularak daha çevreci ve sürdürülebilir tasarımları hayata geçirecek yeniliklerin ivedilikle uygulamaya koyulması bir gereklilik haline gelmektedir. Sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında, yenilebilir süs bitkisi olarak, görsel güzellikleri ile ön plana çıkmış bazı odunsu meyve türlerinin daha sık kullanılması hem ülke ekonomisi hem de doğal çevreye büyük katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akça, Y. 2009, Ceviz yetiştiriciliği, Anıt Matbaa, Ankara, ISBN: 975-97498-07.
- Akça, Y. 2016, Ceviz yetiştiriciliği, Anıt Matbaa, Ankara, ISBN: 975-97498-07
- Anonim 1, 2025. <https://www.alibotanik.com/blog/icerik/dut-fidani-ozellikleri>
Tarih: 31.01.2025
- Anonim 2, 2025. <https://katalog.smsmarmaragroup.com/morus-alba-kagayamae-morus-platanifolia-moraceae/meyvesiz-dut-peyzaj-dutu-cinar-yaprakli-dut>. Tarih: 31.01.2025
- Anonim 3, 2025. <https://katalog.smsmarmaragroup.com/prunus-dulcis-amygdalus-rosaceae/tatli-badem>. Tarih: 31.01.2025
- Anonim 4, 2025. <https://katalog.smsmarmaragroup.com/crataegus-laevigata-paul-s-scarlet-rosaceae/pembe-cicekli-sus-alic>. Tarih: 31.01.2025
- Anonim 5, 2025. <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/prunus-cerasifera/>. Tarih: 31.01.2025
- Ahmet, C. A. F., & Canan, K. O. Ç. (2024). Bingöl kentinde açık ve yeşil alan yeterliliğinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 183-196.
- Ardjmand, A. ve ark., 2014.. Evaluation of morphological and pomological diversity of 62 almond cultivars and superior genotypes in Iran Journal of Nuts (2014)
- Aşur, F., Alp, Ş. (2013): Süs Elmasının Peyzaj Amaçlı Bitkisel Kullanım Olanakları ve Ülkemiz Açısından Değerlendirilmesi, V. Süs Bitkileri Kongresi, 06-09 Mayıs 2013, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkezi, Araştırma Enstitüsü.
- Avcı, A.B., Bayram, E., 2008. Mersin bitkisi (*Myrtus communis* L.)’nde farklı hasat zamanlarının uçucu yağ oranlarına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3):178-181.
- Aydın, C., Özcan, M., 2007. Determination of nutritional and physical properties of myrtle (*Myrtus communis* L.) fruits growing wild in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 79:453-458

- Barros, B. ve ark., 2012. Badem tomurcuğu kırılmasında soğuğa alışma ve çiçek gelişimi: Düzenleyici yollara ilişkin bilgiler, *Deneyisel Botanik Dergisi* (2012)
- Baytop, A., 1991. Farmasotik Botanik, İst. Univ. Ecz. Fakültesi yay. İstanbul.
- Bravo, L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11): 317-333.
- Boskou, D. (1996). Zeytin ağacının tarihi ve özellikleri. *Zeytinyağı Kimyası ve Teknolojisi*; Boskou, D., Ed.; Am. Oil Chem. Soc. Press: Champaign, IL, ABD.
- Canhoto, J.M., Lopes, M.L., Cruz, G.S., 1998. In vitro propagation of *Myrtus communis* through somatic embryogenesis and axillary shoot proliferation. In: Abstract book of I. International Meeting of Aromatic and Medicinal Mediterranean Plants, 24–26 April, Ansiao, Portugal.
- Copetta, A., Marchioni, I. and Ruffoni, B. (2021). The edible flowers from woody ornamental plants. *Acta Hort.* 1331, 195-204
DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1331.27
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1331.27>
- Creasy, R. 2009. Yenilebilir peyzaj düzenlemesinin temelleri. 20 Nisan 2018.
<http://www.rosalindcreasy.com/edible-landscaping-basics/>
- Dara, Ramis. 2010. Sofralara Geldi Bahar Baharatlar- Kokulu Otlar Yerel ve Evrensel Tatlar. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Davis PH, 1967. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Edinburg University Press No: 6, pp. 111-133, U.K
- De Candolle, A. (1967). Origin Of Cultivated Plants. New York and London. P 149-153.
- Eminağaoğlu, Ö., Ok, T., Aksu, G., Akyıldırım, H. (2021):Türkiye'nin Ağaç ve Çalıları, MalusL., <https://www.academia.edu/35409880/Malus>, erişim tarihi: 14.03.2023.
- Ercişli, S., & Orhan, E. (2007). Chemical composition of white, red and black mulberry fruits. *Food Chemistry*. 103(4), 1380-1384.
- Eskiyörük, D. (2016). Antik çağda zeytin ve zeytinyağı: Kilikya Bölgesi örneği. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 4(Special Issue 1), 228-243.
- Farah, A., Afifi, A., Fechtal, M., Chhen, A., Satrani, B., Talbi, M., Chaouch, A., 2006. Fractional distillation effect on the chemical composition of

- Moroccan myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oils. Flavour and fragrance Journal, 21: 351–354.
- Fatima, T., Showkat, U., Hussain, S. Z. 2018, Nutritional and health benefits of walnuts. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7, 1269-1271.
- Fetouh, M.I. (2018). Edible Landscaping in Urban Horticulture. In: Nandwani, D. (eds) Urban Horticulture. Sustainable Development and Biodiversity, vol 18. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67017-1_7
- Genders, R., 1994. Scented Flora of the World. Robert Hale, London.
- Guliyeva, V.B., Gül, M. & Yıldırım, A., 2004. Hippophae rhamnoides L.: Chromatographic methods to determine chemical composition, use in traditional medicine and pharmacological effects. J. Chromatogr. B 812, 291–307.
- Gül, A., Topay, M., Polat, E., Gülcü, S., Çatal, Y., Yılmaztürk, A., 2011. Kent Ağaçları Bilgi Sistemi Modeli. TUBİTAK 110Y301.
- Gün, A., Aşkın, M.A. ve Kankaya, A., 2006. Buldan’da Ceviz ve Kestane Yetiştiriciliği Üzerine Araştırmalar. Buldan Sempozyumu, 23- 24 Kasım Buldan, Cilt 2, 847-854.
- Güneş, F. (2017). Edirne ili Uzunköprü ilçesinde kullanılan tıbbi bitkiler. *ASBP*. <https://doi.org/10.5586/asbp.3565>
- Janakiram, T., Aparna, V., & Sunitha, P. (2021). Recent trends in development and utilization of non-traditional ornamental plants—a review. *Current Horticulture*, 9(2), 3-8.
- Khatamsaz, M. (1992). *Pyrus L.* Assadi M (ed.) Flora of Iran, no. 6. Ormanlar ve Meralar Araştırma Enstitüsü, s. 181–200.
- Konopelko, AV, Opalko, OA, Balabak, OA, & Opalko, AI (2023). Kuraklığa dayanıklılığa bağlı olarak süs yabancı elmalarının (*Malus* spp.) üreme organlarının gelişiminin özellikleri. *Biyosistemlerdeki Düzenleyici Mekanizmalar*, 14 (2), 295-305.
- Kumar, R., Kumar, G.P., Chaurasia, O.P. & Singh, S.B. 2011. Phytochemical and pharmacological profile of Sea buckthorn oil: A review. Research Journal of Medicinal Plant, 5, 491-499.
- Kurşun, H., 2014. Peyzaj Mimarlığı Çalışmalarında Süs Bitkisi Olarak Kullanılan Meyve Türleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Mezuniyet Tezi.

- Liu, M. & Wang, M. 2009 Çin hurmasının germ plazma kaynakları. Çin Ormancılık Yayın Evi, Pekin, Çin. (Çince)
- Lo Piccolo, E.; Landi, M. Küresel iklim değişikliği çağında kentsel "yeşillendirme" için kırmızı yapraklı türler. J. For. Res. 2021 , 32 , 151–159.
- Lopez, J. E., Fisher, P. R., & Steed, S. (2012, December). Scheduling of Flowering and Fruiting of Southern Highbush Blueberry as a Container Ornamental Plant. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 125, pp. 312-316).
- NeSmith, D. S., & Ehlenfeldt, M. K. (2011). ‘Summer Sunset™’: a new ornamental blueberry. *HortScience*, 46(11), 1560-1561.
- Oğur, R., 1994. Mersin bitkisi (*Myrtus Communis* L.) hakkında bir inceleme. G.A.T.A. Tıp Fakültesi, Ankara, Çevre Dergisi, 10:21-25.
- Orlócı, L., & Fekete, A. (2023). Ornamental Plants and Urban Gardening. *Plants*, 12(24), 4096.
<https://doi.org/10.3390/plants12244096>
- Özer, S. (2019). Determination of the use of *Pyrus elaeagnifolia* L. (Gray pear) in landscape architecture Works. *Journal of Current Research on Social Sciences*, 9 (4), 281-290.
- Özkan Hİ, 2017. Hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) Meyvesinin Bazı Biyokimyasal Bileşenleri ile Antibakteriyel, Hipoglisemik ve Total Antioksidan Aktivitesinin İncelenmesi. Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Pekdemir, M. (2010). Espiye ve Bulancak ilçelerinde (Giresun) yetişen kocayemişlerin (*Arbutus unedo* L.) fenolojik ve pomolojik özellikleri. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ordu, Türkiye, 67s.
- Popescu, I., Caudullo, G., 2016. *Prunus cerasifera* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01dfbb+
https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Prunus_cerasifera.pdf.

- Radutoiu, D.; Stefanescu, DM Oltenia'nın (Romanya) kentsel ve kent çevresi alanlarındaki kaba bitki örtüsünün estetiği. Ann. Üniv. Craiova Tarım. Mont. Kadastro Ser. 2017 , XLVII , 223–228.
- Sakaldaş, A. (2012). Çanakkale doğal florasında bulunan kocayemiş (*Arbutus unedo* L.)' in pomolojik fenolojik ve biyokimyasal özelliklerinin aylık değişimlerinin incelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 56s.
- Suryakumar, G. and Gupta, A. 2011. Medicinal and therapeutic potential of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Journal of Ethnopharmacology 138 (2011) 268– 278
- Sykes, J. T. 1975. The influence of climate on the regional distribution of nut crops in Turkey. *Economic Botany*, 29 (2): 108-115.
- Şen, S.M. (2011). Ceviz. ÜÇM Yayıncılık Baskı No:4, s. 11-17, Ankara-Türkiye.
- Şenyurt, M., Bak T. ve Karadeniz, T., 2011. Kocayemişin (*Arbutus unedo* L.) Çelikle Çoğaltılması. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa 493-496.
- Tian, L. (2022). Analysis of the Artistic Effect of Garden Plant Landscaping in Urban Greening, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 2430067, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/2430067>
- Toscano, S., Scuderi, D., & Noto, G. (2009, Haziran). Kentsel bahçecilikte süs bitkileri. II. *Uluslararası Peyzaj ve Kentsel Bahçecilik Konferansı 881'de* (s. 137-140).
- Vilas-Franquesa, A. Saldo J. & Juan, B. 2020. Potential of sea buckthorn-based ingredients for the food and feed industry – a review. Food Production, Processing and Nutrition 2-17.
- Yao, S. ve Heyduck, R. (2018). Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'nde Süs Jujube Kültürü Değerlendirmesi. *HortTechnology hortte* , 28 (4), 557-561. 3 Şubat 2025'te <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04073-18> adresinden alındı
- Yao, S. ve Heyduck, R. (2018). Güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'nde Süs Jujube Kültürü Değerlendirmesi. *HortTechnology hortte* , 28 (4), 557-561. 31 Ocak 2025'te <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04073-18> adresinden alındı

- Yerlikaya, H., Başpınar, H., & Yıldırım, E. M. (2016). Aydın İl Merkezinde turunç *Citrus aurantium* L.(Rutaceae) ağaçlarında bulunan Coccoidea üst familyası ile Aphididae ve Aleyrodidae familyaları (Hemiptera)'na bağlı türlerin saptanması, bulaşma oranlarının ve doğal düşmanlarının belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 6(3), 221-230.
- Zeb, A. 2004. Important therapeutic uses of sea buckthorn (Hippophae): A review. *Journal of Biological Sciences*, 4, 5, 687-693.
- Zuo, J.; Zhao, ZY Yeşil bina araştırması - güncel durum ve gelecekteki gündem: Bir inceleme. *Yenile. Sürdür. Enerji Rev.* 2014 , 30 , 271–281.

BÖLÜM 4

PASSİFLORA YETİŞTİRİCİLİĞİ VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Ayşe Vildan PEPE¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161442>

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, aysepepe@isparta.edu.tr, 0000-0002-4565-8602

PASSİFLORA YETİŞTİRİCİLİĞİ VE BESİN DEĞERİ

Passiflora (*Passiflora edulis*), anavatanı Güney Amerika olan ve hem tropik hem de subtropik bölgelerde yetiştirilebilen bir bitkidir. Dünya genelinde Passiflora yetiştiriciliğinde Brezilya ilk sırada yer almakta; onu Peru, Venezuela, Güney Afrika, Sri Lanka ve Avustralya takip etmektedir (Borges, 2015).

Passifloraceae ailesi, 600'den fazla türü barındıran 16 cins içermektedir. Bu ailede yer alan Passiflora cinsi, büyük ölçüde Yeni Dünya'nın tropik ve subtropik bölgelerine özgü olan 450'den fazla tür ile en zengin grubu oluşturur. Bu türlerin büyük bölümü ilaç, gıda ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. En bilinen türler arasında *Passiflora edulis* Sims (mor çarkıfelek meyvesi), *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg (sarı çarkıfelek meyvesi), *Passiflora ligularis* Juss (tatlı granadilla), *Passiflora tarminiana* Coppens & Barney (muz çarkıfelek meyvesi) ve *Passiflora nitida* Kunth (dolmalık elma) yer almaktadır (Dhawan vd., 2004; Dhawan vd., 2001).

Mor (*P. edulis*) ve sarı (*P. edulis* f. *flavicarpa*) çarkıfelek meyveleri, ticari olarak en yaygın yetiştirilen türlerdir. Bitki, iyi drene olabilen kumlu-tınlı ve pH'sı 6.5–7.5 arasında değişen topraklarda optimum gelişme göstermektedir. Sıcaklık, nem ve yağış gibi çevresel faktörler ile hastalık ve zararlılar hem verim hem de meyvenin piyasadaki bulunabilirliğini doğrudan etkilemektedir. Özellikle çiçeklenme, dölleme ve meyve kalitesi için yüksek sıcaklıklar tercih edilmektedir (Manica, 1981; Morton, 1987).

Genellikle bu bitki ailesi, ılıman ve tropikal iklimlerde iyi gelişmekte, bu da geniş bir yayılma potansiyeli sağlamaktadır. Ancak, çevresel stresler – özellikle su mevcudiyeti ve toprak bileşimi – çarkıfelek ürünlerinin büyümesini ve verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Passiflora için ideal büyüme sıcaklığı 21–25 °C'dir. Sıcaklığın düşmesi, bitkinin besin alımı ve meyve verimi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Optimum oransal nem %60 civarında olmalı; bu değer üzerindeki nem, hastalık riskini artırabilmektedir. Işık, fotosentez aktivitesini artırarak meyve büyüklüğü ve kalitesine katkı sağlarken; yetersiz ışık, çiçeklenme ve meyve tutumunu olumsuz etkiler. Bitkinin çiçek oluşturabilmesi için gün uzunluğunun 11 saatin üzerinde olması gerekmektedir. Kış aylarında gün uzunluğu kısa olduğundan çiçeklenme görülmemektedir. Passiflora, herdem yeşil, odunsu ve sarılıcı bir bitki formuna sahiptir (Borges, 2015).

Yetiştiricilik açısından yıllık yağış miktarının en az 900 mm olması gereklidir. Bununla birlikte, yağış dağılımının mevsimlere dengeli yayılması önem taşımaktadır. Düzensiz veya yetersiz yağışın görüldüğü bölgelerde sulama gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Deshmukh vd., 2017).

Çarkıfelek bitkisinin etkili çoğaltılması, kaliteli meyve veren sağlam bitkiler yetiştirmek için temel bir adımdır. Passiflora üretiminde çoğaltma, tohum, çelik, aşı ve hava daldırması gibi yöntemlerle sağlanmaktadır. Tohum çimlendirme gibi geleneksel yöntemler genellikle düşük başarı oranına sahiptir; bu durum, tohum uyku hali ve çimlenme potansiyelindeki değişkenlikten kaynaklanır (Viera et al., 2022). Araştırmalar, bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılmasının tohum çimlenme oranlarını artırabildiğini ve ekimden fideye kadar geçen süreyi kısaltabildiğini göstermiştir (Domingues Neto et al., 2024). Çelikle üretimde odunsu gövde parçaları 3–4 boğum içerecek şekilde alınmakta ve köklenmeyi teşvik etmek için hormon kullanımı önerilmektedir. Köklenen çelikler yaklaşık 90 gün sonra dikime hazır hale gelmektedir. Nematod ve hastalık sorununun yaşandığı alanlarda, aşı yöntemiyle çoğaltma tercih edilmektedir (Morton, 1987). Doku kültürü yöntemi, özellikle hastaliksız bitkiler elde etmek açısından, geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşmada avantaj sağlamaktadır (Mohammadi et al., 2023).

Farklı Passiflora türlerinde tohum çimlendirmesi genellikle skarifikasyon (tohum kabuğunun aşındırılması) ve hormon uygulanması gibi özel işlemler gerektirir (Loffler et al., 2022). Araştırmalar, bu ön çimlendirme uygulamalarının tohumların çimlenme sürecindeki canlılığını belirgin şekilde artırdığını ortaya koymuştur (Bócoli et al., 2020).

Çarkıfelek yetiştiriciliğinde zararlı ve hastalık yönetimi de hayati bir bileşen olup, Dasiops inedulis gibi zararlılar mahsul sağlığı için ciddi tehditler oluşturmaktadır (Quintero et al., 2012).

Çarkıfelek bitkisinin fenolojisi ışık, sıcaklık ve nem gibi çeşitli çevresel faktörlerden etkilenir (Ramaiya et al., 2019). Simon ve Karnatz (1983), passiflorada farklı hava ve toprak sıcaklığının bitki büyüme ve gelişimi ile çiçek tomurcuğu oluşumu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hava sıcaklığının 20–30 °C ve toprak sıcaklığının 23–28 °C olduğu koşullarda vejetatif gelişim ve çiçek tomurcuğu oluşumunun arttığını bildirmiştir.

Chayut ve arkadaşları (2014), tropikal bölgelerde yıl boyunca çiçeklenme görüldüğünü; ancak yaz aylarında oluşan çiçek tomurcuklarının

abortif gelişim gösterdiğini raporlamıştır. Araştırmacılar, Ağustos ayında gibberellin biyosentezini engelleyen inhibitörlerin uygulanmasıyla çiçeklenmenin 2–4 hafta öne çekilebileceğini ve böylece meyve veriminin bir ay erkene alınabileceğini belirtmişlerdir.

Passiflora meyvesi, taze tüketim ve meyve suyu endüstrisi açısından önemli bir ekonomik değere sahiptir. Dış kabuğu mor renkte, iç kısmı ise çekirdekli bir yapıdadır; meyve ortalama olarak %2.2 protein, %0.7 yağ ve %21.2 karbonhidrat içermektedir. Tohumları ise ayçiçeği ve soya benzeri olarak %23 oranında yağ içerir. Meyve kabuğu hayvan yemi olarak değerlendirilmekte; yaprakları ise alkaloid ve çeşitli biyoaktif bileşenler barındırmaktadır. Çiçekleri astım, bronşit ve boğmaca gibi solunum yolu hastalıklarında; bitkisel bölümleri ise diüretik ve üriner sistem enfeksiyonlarının destek tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca Avrupa'da, içeriğindeki “passiflorine” adlı glikozit sayesinde yatıştırıcı ve sakinleştirici etkiler nedeniyle farmasötik ürünlerde yer almaktadır (Morton, 1987; Dhawan vd., 2004).

Besin değerleri açısından Passiflora meyvesi; A, C ve E vitaminleri ile birlikte, tohumlarında bulunan esansiyel yağ asitleri bakımından zengin bir kaynak niteliğindedir (Cerqueira-Silva et al., 2014; He et al., 2020). Ayrıca antosiyaninler gibi güçlü antioksidan özelliklere sahip biyoaktif bileşenler de içermektedir. Araştırmalar, bu antosiyaninlerin serbest radikallerin uzaklaştırılmasında etkili olduğunu ve oksidatif stresle ilişkili hastalıklara karşı koruyucu rol oynadığını göstermektedir (Qiu et al., 2020). Bu bileşikler aynı zamanda lipid profillerinin iyileştirilmesi ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesiyle ilişkilidir (Khongrum et al., 2022; Malacrida & Jorge, 2012).

PASSİFLORA'NIN SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Farmakolojik çalışmalar, Passiflora türlerinin polifenoller, triterpenler, karotenoidler, polisakkaritler, amino asitler, uçucu yağlar ve flavonoidler gibi çeşitli biyoaktif bileşenler içerdiğini ve bu bileşenlerin antioksidan, antimikrobiyal, antidiyabetik, hepatoprotektif ve anti-inflamatuar etkiler sağladığını göstermektedir. Tıbbi özelliklerinin yanı sıra, bazı türlerin meyveleri yüksek diyet lifi, vitamin ve mineral içeriğiyle gıda endüstrisinde de değerlendirilmektedir (Ingale vd., 2010 ; Dhawan vd., 2004).

Passiflora türleri, zengin kimyasal içerikleri nedeniyle uykusuzluk, anksiyete, epilepsi, astım ve hipertansiyon gibi rahatsızlıkların tedavisinde geleneksel ve modern tıpta çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Özellikle *P. edulis* ve *P. incarnata*, farmakolojik araştırmalarda en sık incelenen ve uygulama alanı bulan türlerdir (Ingale vd., 2010).

Özellikle Passiflora tohumlarından elde edilen özler, akne vulgaris gibi dermatolojik rahatsızlıkların tedavisinde umut vaat eden sonuçlar ortaya koymuştur. Bu özlerin, geleneksel tedavi yöntemi olan benzoil peroksit ile karşılaştırılabilir antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Dewi et al., 2020). Bu bulgular, çarkıfelek meyvesinin doğal cilt bakım ürünleri için alternatif bir kaynak olabileceğini göstermektedir. Ayrıca meyve kabuğunun, hepatoprotektif ve nefroprotektif etkiler sunduğu da rapor edilmiştir (Nerdy & Ritarwan, 2019).

Passiflora meyvesinin fonksiyonel karakterizasyonu, onun gıda ve sağlık alanlarında geniş uygulama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle yan ürünlerinin bulaşıcı olmayan hastalıkların önlenmesine katkı sağlayabilecek zengin biyoaktif içerikleri sayesinde önemi artmaktadır (Weyya et al., 2024). Meyvenin tohum ve kabuk gibi tüm kısımlarının değerlendirilmesi, gıda ve sağlık endüstrilerinde artan doğal bileşen talebiyle uyumlu olarak hem atıkların azaltılmasına hem de üretimin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.

Çarkıfelek çiçeğinin anksiyeteyi azaltma yeteneği onu astım, çarpıntı ve diğer kalp ritmi anormallikleri, yüksek tansiyon, uykusuzluk, nevroz, sinirlilik, ağrı ve diğer durumlar için yararlı kılmaktadır. Çarkıfelek meyvesinin suyu kanser hücrelerinin büyümesini azaltır. Bu konuda araştırmalar devam etmekle birlikte, meyve suyundaki fotokimyasalların kanser hücresi büyümesini engellediği düşünülmektedir. Meyvede bulunan fenolik asitler ve flavonoidlerin kalbi koruyucu işlevi olduğu düşünülmektedir. Meyvenin fenolik profili, anti-mikrobiyal aktivitesi ile bilinmektedir. Çarkıfelek meyvesi hem suda çözünen hem de yağda çözünen iyi bir antioksidan kaynağıdır. Meyvenin karbonhidrat ve basit şeker oranı oldukça yüksektir. Kolesterol seviyelerini düşürmeye yardımcı olan bitki sterolleri içerir. Çarkıfelek meyvesi C vitamini, A vitamin ve potasyum deposudur. Meyvenin tohumları lif kaynağıdır (Dhawan vd., 2004; Irazusta vd., 2007).

Passiflora tıbbi özellikleriyle öne çıkan çok sayıda tür içermektedir. Bu cinse atfedilen sağlık yararları, yalnızca geleneksel kullanımlarla sınırlı kalmayıp, sahip olduğu farmakolojik potansiyel nedeniyle bilimsel araştırmalara da konu olmaktadır. Başlıca kullanım alanları arasında anksiyete ve depresyon tedavisi, antiinflamatuvar ve analjezik etkiler yer almakta; ayrıca anti-diyabetik potansiyeli de araştırılmaktadır (Ingale vd., 2010)

Passiflora incarnata'nın anksiyolitik (anksiyete giderici) etkileri hem geleneksel hem de modern tıp literatüründe geniş yer bulmakta ve birçok çalışmayla desteklenmektedir. Al-Mamoori ve arkadaşları (2019), bu türün anksiyete, depresyon ve uyku bozuklukları üzerindeki etkisini incelemiş ve sentetik anksiyolitiklere alternatif oluşturabileceğini vurgulamıştır. Fonseca ve arkadaşları (2020), çeşitli Passiflora türlerinin anksiyolitik etkilerini değerlendirerek ikincil metabolitlerin bu etkinlikte kritik rol oynadığını belirtmiştir. Benzer şekilde Nassiri-Asl ve arkadaşları (2007), *P. incarnata*'nın sedatif etkilerinin uyku kalitesini artırarak uykusuzluk tedavisinde etkili olabileceğini göstermiştir. Bu veriler doğrultusunda, Passiflora türlerinin zihinsel sağlık sorunlarına yönelik bitkisel formülasyonlarda kullanımı bilimsel olarak desteklenen umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Psikolojik etkilerin ötesinde, Passiflora türleri farklı farmakolojik özellikleriyle de dikkat çekmektedir. Örneğin, sarı çarkıfelek olarak bilinen *Passiflora edulis*, antiinflamatuvar ve anti-kanser etkileri nedeniyle kronik inflamatuvar hastalıklar üzerinde çalışan araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Kinge et al., 2024). Babu ve arkadaşları (2024), *P. foetida* türünün antioksidan, antimikrobiyal ve analjezik etkilerini detaylı şekilde incelemiş; bu türde bulunan flavonoidler ve glikozitlerin tedavi edici etkilere katkı sağladığını bildirmiştir (Babu et al., 2024; Kim et al., 2017; Antony et al., 2021). Bu bileşenler, inflamasyon ve ağrı yönetimi için doğal ve güvenli alternatifler sunmaktadır.

Diyabet tedavisi bağlamında da bazı Passiflora türlerinin etkinliği preklinik düzeyde gösterilmiştir. *P. foetida* üzerine yapılan araştırmalar, kan şekeri düzeylerinin düzenlenmesinde olumlu etkiler sunduğunu ve glikoz metabolizması ile insülin duyarlılığı üzerinde düzenleyici etkiler oluşturabileceğini ortaya koymuştur (Mulyani et al., 2024; Soendoess et al., 2024). Geleneksel farmakoterapilere olan bağımlılığı azaltmak ve sinerjik

etkiler yaratmak amacıyla, *Passiflora* özütlerinin farmasötik tedavilerle kombinasyon potansiyeli dikkat çekmektedir (Bunghez et al., 2021).

Ayrıca, Bunghez ve arkadaşlarının (2021) çalışmaları, *Passiflora*'nın nanoteknolojik uygulamalarda kullanılabileceğini ortaya koyarak bitkinin sağlık alanındaki çok yönlü kullanım potansiyelini genişletmiştir. Özellikle *P. incarnata*'nın antioksidan ve antibakteriyel özellikleri, nanoparçacık temelli ilaç taşıma sistemleri ve hedefe yönelik tedaviler için umut verici bir platform sunmaktadır. Bu durum, geleneksel bitkisel tıbbın çağdaş teknolojilerle bütünleşmesinin somut bir örneğini teşkil etmektedir.

Passiflora türlerinin sahip olduğu çeşitli farmakolojik özellikler, bitkisel tıbbi ürünlerin geliştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Kinge ve arkadaşları (2024), birçok *Passiflora* türünün fitokimyasal ve farmakodinamik profillerini inceleyerek, bu türlerin ilaç endüstrisindeki potansiyelini vurgulamıştır. Leal ve arkadaşları (2022), ilgili türler üzerine yapılan patent araştırmalarının, yenilikçi tedavi yaklaşımlarına katkı sağlayabileceğini ve bu bitkilerin bilimsel temelli ürün geliştirme süreçlerinde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, *Passiflora*'nın tarihsel ve kültürel bağlamının korunarak modern farmasötik uygulamalara entegre edilmesi, geleneksel bilginin saygın bir biçimde yaşatılmasına katkı sunmaktadır.

SONUÇ

Passiflora türleri hem tarımsal hem de farmakolojik açıdan önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Bu bitkinin sahip olduğu zengin fitokimyasal içerik; onu yalnızca tropik/subtropik bölgelerde ekonomik bir ürün haline getirmekle kalmamış, aynı zamanda geleneksel tıptan modern farmasötik uygulamalara kadar uzanan çok yönlü bir kullanım alanına taşımıştır. Özellikle anksiyete, depresyon, uykusuzluk gibi psikiyatrik bozukluklardan, antiinflatuar ve antidiyabetik etkilere kadar uzanan geniş bir terapötik profil sunmaktadır.

Anksiyolitik etkileri üzerine yapılan klinik ve prelinik çalışmalar, *Passiflora* türlerinin doğal tedavi protokollerine entegre edilmesi konusunda umut verici veriler sunmaktadır. Bu bağlamda, *Passiflora incarnata* gibi türler, farmasötik ürünlerde sentetik anksiyolitiklere alternatif ya da tamamlayıcı bileşenler olarak değerlendirilmektedir.

Bitkinin tohumlarından ve meyve kabuklarından elde edilen özütlerin antimikrobiyal, hepatoprotektif ve hatta antikanser potansiyelleri, endüstriyel ürünlerin geliştirilmesinde yeni bir yol haritası sunmaktadır. Bu kapsamda, Passiflora by-prodüklerinin (özellikle tohum ve kabuk gibi artık kısımların) fonksiyonel bileşenlerce zenginliği, atık yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından da dikkate değerdir. Gıda ve kozmetik endüstrileri, bu tür bitkisel bileşenleri kullanarak hem doğal hem de çevre dostu ürün geliştirme imkanına kavuşmaktadır.

Tarımsal üretim açısından bakıldığında ise Passiflora'nın iklim ve toprak istekleri nispeten yönetilebilir düzeyde olup, düşük maliyetli üretim sistemlerine adapte edilebilirliği ile ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte, üretim sürecinde karşılaşılan nematod, fungal hastalıklar ve zararlılar gibi etmenler; modern tarım teknikleri ve entegre mücadele yöntemlerinin bu bitki için de uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Passiflora'nın medikal kullanımı kadar ekonomik değeri de artış göstermektedir. Gıda ürünleri, bitkisel ilaçlar, fonksiyonel içecekler ve doğal kozmetik ürünler, bu bitkiden elde edilen türevlerin kullanıldığı başlıca sektörlerdir. Ayrıca, son dönemde nanoteknoloji ile entegre edilen çalışmalarda, Passiflora özütlerinin ilaç taşıma sistemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Geleceğe yönelik olarak, Passiflora türleri üzerine yapılacak genetik ve moleküler çalışmalar ile biyoyararlanım düzeylerinin artırılması ve yeni farmasötik formülasyonların geliştirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca bu bitkinin geleneksel bilgiler çerçevesinde kullanımının, bilimsel araştırmalarla desteklenerek modern tıp ve eczacılık uygulamalarına entegre edilmesi; kültürel mirasın korunması açısından da ayrı bir öneme sahiptir.

Passiflora yalnızca bir meyve türü olmanın ötesinde, sağlık, çevre ve ekonomi alanlarında stratejik bir bitki konumuna gelmiştir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım politikaları, biyoteknolojik uygulamalar ve klinik araştırmalarla desteklenerek daha geniş ölçekli uygulamalara entegre edilmesi gerekmektedir. Böylece hem halk sağlığına katkı sağlanabilecek hem de doğal kaynakların etkin kullanımı açısından önemli bir adım atılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Mamoori, F., Al-Windy, S., Al-kuraishy, H. M., & Al-Gareeb, A. I. (2019). Beneficial neuro-pharmacological effect of passion flower (*passiflora incarnate* l). ARC Journal of Neuroscience, 4(1). <https://doi.org/10.20431/2456-057x.0401003>
- Antony, N. M., Fernandes, J., & Mathew, J. (2021). Phytochemical & pharmacological investigation of stems of *passiflora foetida*. Journal of Pharmaceutical Research International, 408-414. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i58b34218>
- Babu, P., Prudviraj, M., Sarika, P., & Konda, T. (2024). A comprehensive review: pharmacognostical and pharmacological insights into *passiflora foetida*. International Journal of Pharmaceutical and Bio-Medical Science, 04(02). <https://doi.org/10.47191/ijpbms/v4-i2-11>
- Bócoli, F. A., Marcon, J., Izidoro, M., BORTOLON, P. d. T., OLIVEIRA, S. E. R. d., Spalević, V., ... & SOUZA, P. S. d. (2020). Bokashi use in the passionfruit (*passiflora edulis* l.) germination and initial growth. The Journal "Agriculture and Forestry", 66(4). <https://doi.org/10.17707/agricultforest.66.4.08>
- Borges, A. L. 2015. http://www.ipipotash.org/udocs/9_Passion-Fruit.pdf
- Bunghez, I., Sorescu, A., & Constantin, M. (2021). Silver nanoparticles via *passiflora incarnata*: synthesis, antioxidant and antimicrobial activity. Proceedings of MOL2NET'21, Conference on Molecular, Biomedical & Computational Sciences and Engineering, 7th Ed.. <https://doi.org/10.3390/mol2net-07-12063>
- Chayut, N., Sobol, S., Nave, N., & Samach, A. (2014). Shielding flowers developing under stress: translating theory to field application. *Plants*, 3(3), 304-323.
- Cerqueira-Silva, C. B. M., Jesus, O. N., Santos, E. S., Corrêa, R. X., & Souza, A. P. (2014). Genetic breeding and diversity of the genus *Passiflora*: progress and perspectives in molecular and genetic studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(8), 14122-14152.
- Dewi, N. K., Putra, I. B., & Jusuf, N. K. (2020). Passion fruit purple variant (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) seeds extract 10% cream in acne

- vulgaris treatment: an open-label pilot study. *International Journal of Dermatology*, 59(12), 1506-1512.
- Deshmukh, N., Patel, R., Okram, S., Rymbai, H., Roy, S., & Jha, A. (2017). Passion fruit (*Passiflora* spp.). *Magnesium*, 100, 200.
- Dhawan, K., Kumar, S., & Sharma, A. (2001). Anti-anxiety studies on extracts of *Passiflora incarnata* Linneaus. *Journal of ethnopharmacology*, 78(2-3), 165-170.
- Dhawan, K., Dhawan, S., & Sharma, A. (2004). *Passiflora*: a review update. *Journal of ethnopharmacology*, 94(1), 1-23.
- Domingues Neto, F. J., Pimentel Junior, A., Putti, F. F., Rodrigues, J. D., Ono, E. O., Tecchio, M. A., Leonel, S., & Silva, M. d. S. (2024). Effect of Plant Growth Regulators on Germination and Seedling Growth of *Passiflora alata* and *Passiflora edulis*. *Horticulturae*, 10(10), 1087. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101087>
- Fonseca, L. R. d., Rodrigues, R. d. A., Ramos, A. d. S., Cruz, J. D. d., Ferreira, J. L. P., Silva, J. R. d. A., ... & Amaral, A. C. F. (2020). Herbal medicinal products from *passiflora* for anxiety: an unexploited potential. *The Scientific World Journal*, 2020, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2020/6598434>
- He, X., Luan, F., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, Z., Fang, J., ... & Li, Y. (2020). *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in pharmacology*, 11, 617.
- Irazusta, A., Hoyos, I., Irazusta, J., Ruiz, F., Díaz, E., & Gil, J. (2007). Increased cardiovascular risk associated with poor nutritional habits in first-year university students. *Nutrition Research*, 27(7), 387-394.
- Ingale, A. G., & Hivrale, A. U. (2010). Pharmacological studies of *Passiflora* sp. and their bioactive compounds. *African Journal of Plant Science*, 4(10), 417-426.
- Khongrum, J., Yingthongchai, P., Boonyapranai, K., Wongtanasarsin, W., Donrung, N., Sukketsiri, W., ... & Chonpathompikunlert, P. (2022). Antidyslipidemic, Antioxidant, and Anti-inflammatory Effects of Jelly Drink Containing Polyphenol-Rich Roselle Calyces Extract and Passion Fruit Juice with Pulp in Adults with Dyslipidemia: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022(1), 4631983.

- Kinge, A., Wadatkar, J. S., & sakhare, D. (2024). A review: pharmacological and phytochemical update of passiflora edulis f. flavicarpa. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 27(2), 143-153. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2024.27.2.0177>
- Kim, M., Lim, H., Lee, H., & Kim, T. (2017). Role identification of passiflora incarnata linnaeus: a mini review. *Journal of Menopausal Medicine*, 23(3), 156. <https://doi.org/10.6118/jmm.2017.23.3.156>
- Loffler, J. J., Lima, B. F. S., Sobrinho, S. d. P., Tavares, A. R., & Luz, P. B. d. (2022). Overcoming seed dormancy in passiflora species. *Idesia (Arica)*, 40(3), 67-73. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292022000300067>
- Manica, I. (1981). *Fruticultura tropical: maracujá*.
- Malacrida, C. R., & Jorge, N. (2012). Yellow passion fruit seed oil (Passiflora edulis f. flavicarpa): physical and chemical characteristics. *Brazilian archives of Biology and Technology*, 55, 127-134.
- Mohammadi, M.A., Wai, M.H., Rizwan, H.M. et al. Advances in micropropagation, somatic embryogenesis, somatic hybridizations, genetic transformation and cryopreservation for Passiflora improvement. *Plant Methods* 19, 50 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13007-023-01030-0>
- Morton, J. F. (1987). Passionfruits. Pages 320-328. *Fruits of warm climates*. Creative Resource Systems (Winterville, N. C.).
- Mulyani, E., Ferdiansyah, N. A., Suryadini, H., & Fauzia, H. (2024). Description of blood sugar levels of male wistar rats after administration of ethanol extract of rambusa leaves (passiflora foetida linn.) from central kalimantan. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 7(1), 407-414. <https://doi.org/10.37287/ijghr.v7i1.3856>
- Nerdy, N., & Ritarwan, K. (2019). Hepatoprotective activity and nephroprotective activity of peel extract from three varieties of the passion fruit (Passiflora sp.) in the albino rat. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 7(4), 536.
- Nassiri-Asl, M., Shariati-Rad, S., & Zamansoltani, F. (2007). Anticonvulsant effects of aerial parts of passiflora incarnata extract in mice: involvement of benzodiazepine and opioid receptors. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-7-26>

- Pereira Leal, A. E. B., de Lavor, É. M., de Menezes Barbosa, J., de Moura Fontes Araújo, M. T., dos Santos Cerqueira Alves, C., de Oliveira Jnior, R. G., ... & da Silva Almeida, J. R. (2022). Pharmacological activities of the genus *Passiflora* (Passifloraceae): a patent review. *Current topics in medicinal chemistry*, 22(28), 2315-2328.
- Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., & Shahbani, N. S. (2019). Floral behaviour, flowering phenology and fruit production of passion fruit (*passiflora* species) in east malaysia. *Journal of Agriculture Food and Development*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.30635/2415-0142.2020.06.01>
- Soendoess, K., Hernawati, D., & Putra, R. R. (2024). In silico analysis: activity of active compounds in *passiflora foetida* to diabetes. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 9(1), 21-35. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v9i1.2974>
- Simon, P., & Karnatz, A. (1982). Effect of soil and air temperature on growth and flower formation of purple passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). *Fruit Set and Development, XXI IHC* 139, 83-90.
- Quintero, E. M., López, I. C. B., & Kondo, T. (2012). Manejo integrado de plagas como estrategia para el control de la mosca del botón floral del maracuyá *dasiops inedulis steyskal* (diptera: lonchaeidae). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 31-40. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num1_art:237
- Qiu, W., Su, W., Cai, Z., Dong, L., Li, C., Xin, M., ... & Wu, Z. (2020). Combined analysis of transcriptome and metabolome reveals the potential mechanism of coloration and fruit quality in yellow and purple *Passiflora edulis* Sims. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(43), 12096-12106.
- Viera, W., Shinohara, T., Sanada, A., Terada, N., Ron, L., & Koshio, K. (2022). Seed Germination and Seedling Growth of Yellow and Purple Passion Fruit Genotypes Cultivated in Ecuador. *Horticulturae*, 8(8), 754. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080754>
- Weyya, G., Belay, A., & Tadesse, E. (2024). Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) by-products as a source of bioactive compounds for non-communicable disease prevention: extraction methods and mechanisms of action: a systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1340511.

BÖLÜM 5

TÜRKİYE’DE BÜYÜKBAŞ VE KÜÇÜKBAŞ HAYVAN HAYAT SİGORTASI UYGULAMALARI

Doç. Dr. Damla ÖZSAYIN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161448>

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Çanakkale, Turkey. dozsayin@comu.edu.tr. ORCID ID:<http://orcid.org/0000-0003-1127-267X>

GİRİŞ

Türkiye’de hayvancılık sektörü, kırsal nüfusun kalkınması, küçük aile işletmelerinin sürdürülebilirliği, aile işgücünün değerlendirilmesi ve tarım işletmelerine nakit akışın sağlanması gibi özelliklerinden dolayı stratejik bir öneme sahiptir. Hayvancılık sektörünün önemli üretim dallarından biri olan süt sığırcılığı faaliyetinin ise insanların besin ihtiyacını karşılama, besi sığırcılığına kaynak oluşturma, tarımsal üretime ve dolayısıyla ülke ekonomisine katma değer sağlama gibi faydaları bulunmaktadır (Özdemir vd., 2022; Terin vd., 2024a). Bu nedenle, bu faaliyet küçük çiftçilerin sürdürülebilir geçim kaynakları açısından önemlidir. Ancak, bu faaliyette çiftçilerin gelir elde etmesi o kadar da kolay değildir. Çünkü, bu faaliyet diğer sektörlerle göre doğal, sosyal ve ekonomik açıdan daha fazla risk ve belirsizlikler ile karşı karşıyadır (Lall vd., 2011). Bu riskler, çiftçi gelirinde ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Mevcut kayıplar, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri karşılaşılabilecekleri risk ve belirsizliklerle başa çıkmak için önlem almaya yöneltmiştir. Tarımsal faaliyetlerde karşılaşılabilecek riskleri minimize etmeyi veya onların olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlayan uygulamalardan biri tarım sigortalarıdır (Lall vd., 2011; Tümer vd., 2019). Çünkü tarım sigortaları, doğal afetler, hastalıklar, hayvan ölümleri vb. gibi riskler sonucunda üretimde aksama yaşanması durumunda çiftçilere sigorta kapsamında maddi destek sağlamaktır (Türkten vd., 2023). Özellikle son yıllarda Türkiye’de iklim değişikliği, teknolojik gelişmeler ve ticaretteki karmaşıklıklar nedeniyle tarımsal risklerin şiddeti ve olumsuz etkileri giderek artmaktadır. Bu olumsuzluklar tarım sigortalarının önemini daha da arttırmaktadır.

Tarım sigortası, dünyada ilk kez 18. yüzyılın ikinci yarısında, İrlanda’da faaliyet gösteren sigorta kooperatifleri tarafından hayvan hayat sigortası uygulamasıyla başlamıştır. Zamanla bu uygulama, Avrupa, ABD ve Japonya gibi ülkelere de yayılmıştır. Gelişmiş ülkeler, tarımda karşılaşılabilecek riskleri yönetebilmeleri amacıyla risk yönetimi uygulamaları çerçevesinde, tarım sigortası uygulamaları yoluyla riskin paylaşımını ve transferini sağlamak suretiyle üreticilerini güvence altına almaktadır (Mahul ve Stutley, 2010; Farayola vd., 2013; Terin vd., 2024a). Ayrıca, dünya genelinde tarım sigortası uygulamaları kamu, özel sektör ve kamu-özel sektör iş birliğiyle yürütülmektedir.

Türkiye’de tarım sigortası ilk kez 1957 yılında özel bir sigorta şirketinin bitkisel ürünleri doluya karşı sigortalaması ile başlamıştır. Bu başlangıcı hayvan hayat sigortaları (1960 yılı), kümes hayvanları sigortası (1984 yılı), su ürünleri sigortası (1990 yılı) ve üzüm bağları için yapılan don sigortası (1991 yılı) takip etmiştir. Tarım sigortalarının ortak bir sistem içinde yürütülmesini sağlamak için 1995 yılında Tarım Sigortaları Vakfı kurulmuştur. Mevcut sistem, 1957 ile 2005 yılları arasında özel sektör aracılığıyla faaliyetlerini gerçekleştirmiştir. Fakat, 2005 yılında çıkarılan kanun ile (5363 sayılı Tarım Sigortaları) üreticilerin riskler karşısında yaşadığı kayıpların etkin bir şekilde telafi edilebilmesi ve risklere karşı çeşitli çözümlerin geliştirilebilmesi adına Türkiye koşullarına uyumlu tarım sigortaları sisteminin oluşturulması yönündeki çalışmalar doğrultusunda; devlet ve özel sektör işbirliğini kapsayan havuz modeli kısa adıyla TARSİM faaliyete geçmiştir (Karaca vd., 2010; Karahan-Uysal vd., 2020; Terin vd., 2024b). Yeni sistem kapsamında, 2006 yılından itibaren üreticilere sigorta primi desteği sağlanmaktadır (TARSİM, 2025a). Günümüzde, devlet destekli olarak bitkisel ürün sigortası, sera sigortası, küçükbaş hayvan hayat sigortası, büyükbaş hayvan hayat sigortası, kümes hayvanları hayat sigortası, su ürünleri hayat sigortası, arıcılık sigortası, köy bazlı verim sigortası ve gelir koruma sigortası olmak üzere toplam 9 farklı sigorta türü uygulanmaktadır. Devlet destekli bu uygulama Türkiye’de tarım sigortalarının gelişimini teşvik etmede önemli bir rol oynamıştır.

Türkiye’deki işletmecilerin sosyo-ekonomik kısıtları nedeniyle hayvan sağlığı ve veterinerlik hizmetlerine erişimleri sınırlıdır. Bu durum, onların hayvancılık faaliyetlerini daha riskli bir hale getirmektedir (Devkota vd., 2021). Ayrıca, hayvancılıkla ilişkili risklerin büyük ölçüde hayvan hastalıklarından kaynaklanması, hayvan ölüm oranlarının artmasına ve dolayısıyla bu alanda faaliyet gösteren işletmecilerin desteksiz kalmasına neden olmaktadır (Ghimire vd., 2016; Nepali, 2021). Bu bağlamda, hayvan hayat sigortası risk yönetimi açısından önemli ve etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Ülkemizde, devlet destekli büyükbaş ve küçükbaş hayvan hayat sigortası uygulamaları ise sırasıyla 1 Haziran 2006 ve 1 Mayıs 2011 tarihinde başlamıştır. Bu uygulamalar, dar ve geniş kapsamlı tarifeler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Mevcut sigortalar; hayvan ölümü, zorunlu kesim, yavru atma ve yavru ölümü gibi durumlarda sigortalının doğrudan uğradığı maddi zararları karşılamaktadır. Devlet, bu

sigortalar için primin %50'sini desteklemektedir (TARSİM, 2025b; TARSİM, 2025c).

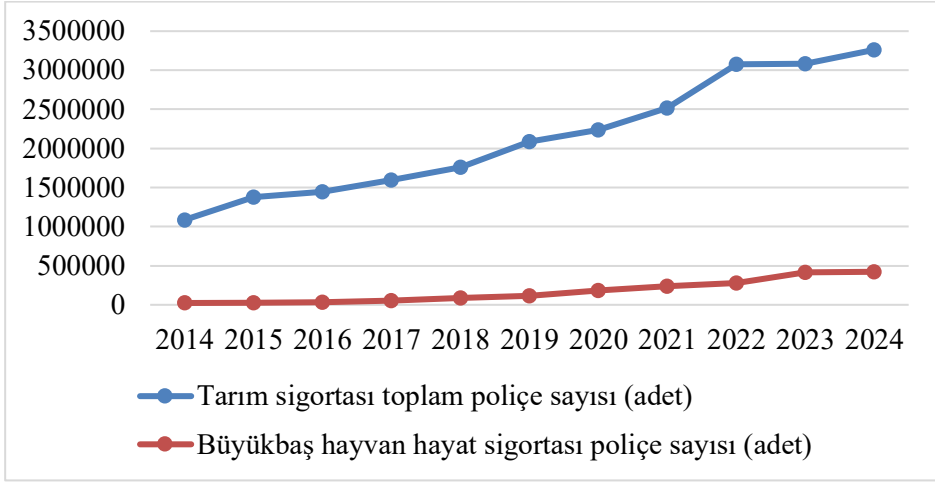
Özellikle son yıllarda, iklim değişikliği ile birlikte çeşitli risklerle daha sık karşı karşıya kalması muhtemel olan hayvancılık sektörü açısından da sigortanın önemi giderek artmaktadır. Bu nedenle, mevcut çalışma Türkiye'de 2014-2024 yılları arasında uygulanan hayvan hayat sigortası (büyükbaş ve küçükbaş) uygulamalarına ilişkin verileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

1. MATERYAL VE METHOD

Ülkemizde, büyükbaş ve küçükbaş hayvan hayat sigortası uygulamaları sırasıyla 1 Haziran 2006 ve 1 Mayıs 2011 tarihlerinde başlamıştır. Çalışmanın verileri, TARSİM'e kayıtlı verilerden sağlanmıştır. Çalışmada, 2014-2024 yılları arasında uygulanan büyükbaş ve küçükbaş hayvan hayat sigortasına ilişkin veriler değerlendirilmektedir.

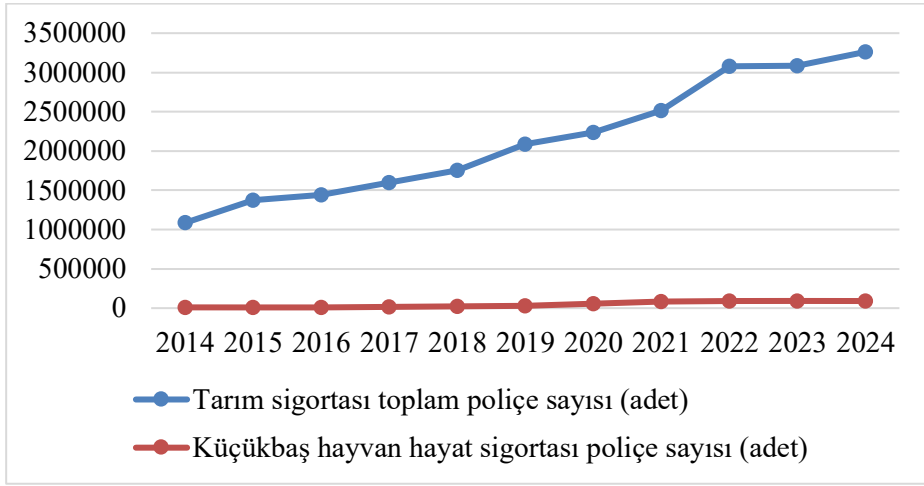
2. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Türkiye'nin tarım sigortası toplam poliçe sayısı ile büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısına ilişkin veriler Şekil 1'de açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 1.086.612 adet olan tarım sigortası toplam poliçe sayısı, 2024 yılında 3 kat artış ile 3.261.191 adete yükselmiştir (TARSİM, 2024). Bu sonuçlar, 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası poliçe sayısının düzenli olarak arttığını ortaya koymaktadır. 2014 yılında 23.320 adet olan büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı, 2024 yılında 18.1 kat artış ile 422.524 adete ulaşmıştır. Bu sonuç, yıllar itibariyle üreticilerin büyükbaş hayvan hayat sigortasına olan eğilimlerinin arttığını göstermektedir. Tarım sigortası toplam poliçe sayısı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısının oranı 2014 yılında %2.1 iken bu oran 2024 yılında %12.9'a yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında sigorta branşlarına göre düzenlenen poliçe sayısında büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı bitkisel ürün sigortası poliçe sayısından sonra %12.9 oranla 2. sırada yer almaktadır. 2024 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı, 2023 yılına göre %1.9 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam poliçe sayısı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısının yıllar itibariyle arttığını ancak bu artışın beklenen düzeyde olmadığını göstermektedir.



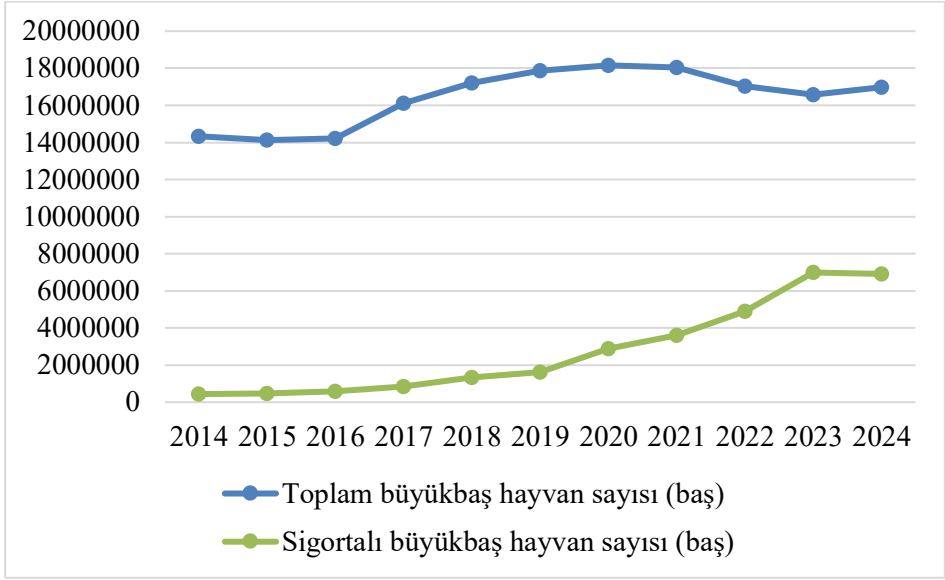
Şekil 1: Toplam tarım sigortası poliçe sayısı ve büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı

Türkiye'nin tarım sigortası toplam poliçe sayısı ile küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısına ilişkin veriler Şekil 2'de açıklanmıştır. Buna göre; 2014 yılında 9.815 adet olan küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı, 2023 yılında 9.3 kat artış ile 91.551 adete ulaşmıştır. Ancak, 2024 yılında bu sayı, 2023 yılına göre %3.4 azalma eğilimi göstermiştir. Bu sonuçlar, 2014-2023 yılları arasında üreticilerin küçükbaş hayvan hayat sigortasına olan eğilimlerinin arttığını ancak bu durumun 2024 yılında azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Tarım sigortası toplam poliçe sayısı içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısının oranı 2014 yılında %1 iken bu oran 2024 yılında %2.7'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında sigorta branşlarına göre düzenlenen poliçe sayısında küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı bitkisel ürün sigortası poliçe sayısından sonra %2.4 oranla 3. sırada yer almaktadır. Bu sonuç, üreticilerin küçükbaş hayvan hayat sigortası konusunda daha fazla bilgi sahibi olmaları yönündeki çalışmalara önem verilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.



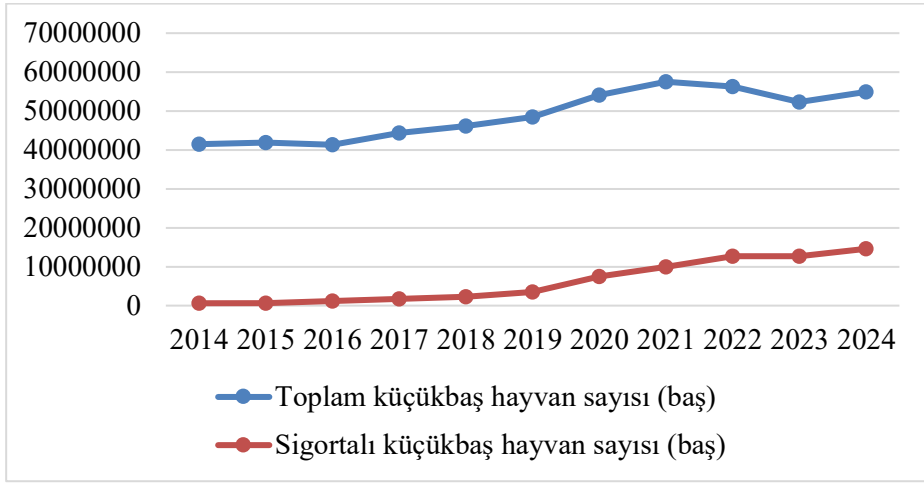
Şekil 2: Toplam tarım sigortası poliçe sayısı ve küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı

Türkiye'nin toplam büyükbaş hayvan sayısı ile sigortalı büyükbaş hayvan sayısına ilişkin veriler Şekil 3'te açıklanmıştır. Bu veriler, 2014 yılında 14.345.223 baş olan toplam büyükbaş hayvan sayısının 2024 yılında 16.986.259 başa ulaştığını göstermektedir (TUİK, 2024). Ayrıca, 2015 ve 2016 yıllarında toplam büyükbaş hayvan sayısı sırasıyla %1.5 ve %0.9 oranında azalmış ve bu oran 2017 ile 2020 yılları arasında artmıştır. Bu sonuçlar, büyükbaş hayvan sayısında bazı yıllar azalma eğilimi görülse de 2014 ile 2020 yılları arasında genel olarak arttığını ortaya koymaktadır. 2014 yılında 435.896 baş olan sigortalı büyükbaş hayvan sayısı, 2024 yılında 15.8 kat artışla 6.898.814 başa ulaşmıştır (TARSİM, 2024). Bu sonuçlar, büyükbaş hayvan sayısında bazı yıllar azalma olsa da sigortalı büyükbaş hayvan sayısında düzenli olarak arttığını ortaya koymaktadır. Toplam büyükbaş hayvan sayısı içinde sigortalı büyükbaş hayvan sayısına ilişkin oran 2014 yılında %3 iken bu oran 2024 yılında %40.6'a yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılındaki sigortalı büyükbaş hayvan sayısı, 2023 yılına göre %1.3 oranında azalmıştır. Bu sonuçlar, genel olarak sigortalı büyükbaş hayvan sayısının artırılmasına yönelik eğilimin yüksek olduğunu göstermektedir.



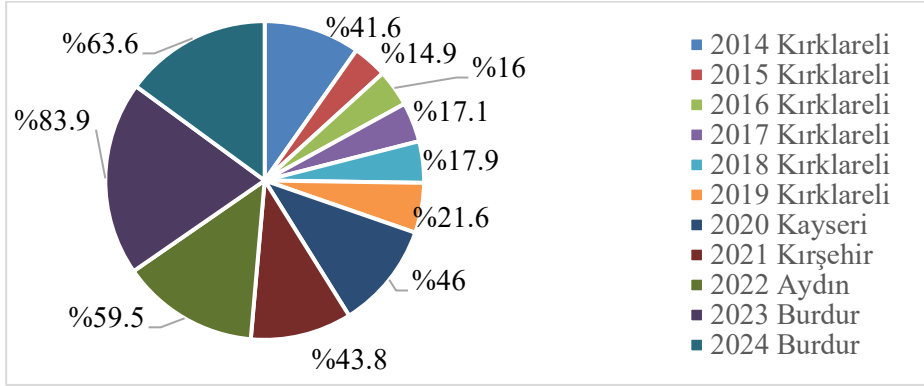
Şekil 3. Toplam büyükbaş hayvan sayısı ve sigortalı büyükbaş hayvan sayısı

Türkiye'nin toplam küçükbaş hayvan sayısı ile sigortalı küçükbaş hayvan sayısına ilişkin veriler Şekil 4'te açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 41.485.180 baş olan toplam küçükbaş hayvan sayısı, 2024 yılında 54.902.668 başa ulaşmıştır (TÜİK, 2024). Ayrıca, toplam küçükbaş hayvan sayısı, 2014 yılından 2021 yılına kadar artmış olup 2021 ile 2024 yılları arasında da %4.5 oranında azalmıştır. Bu sonuçlar, küçükbaş hayvan sayısında bazı yıllar azalma olsa da 2014 ile 2021 yılları arasında genel olarak küçükbaş hayvan sayısında artış olduğunu ortaya koymaktadır. Sigortalı küçükbaş hayvan sayısı 2014 yılında 607.609 baş iken bu sayı 2024 yılında 24 kat artışla 14.591.162 başa ulaşmıştır (TARSİM, 2024). Ayrıca, bazı yıllar küçükbaş hayvan sayısındaki azalmaya karşın sigortalı küçükbaş hayvan sayısı 2014-2024 yılları arasında artmıştır. 2014 yılında toplam küçükbaş hayvan sayısı içinde sigortalı büyükbaş hayvan sayısının oranı %1.5 olup bu oran 2024 yılında %26.6'ya yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında sigortalı küçükbaş hayvan sayısı, bir önceki yıla göre %14.4 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, sigortalı küçükbaş hayvan sayısının artırılmasına yönelik çalışmalara daha fazla önem verilmesini ortaya koymaktadır.



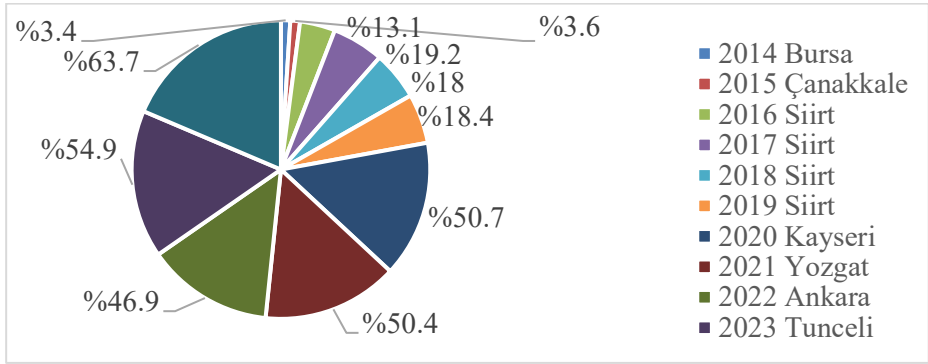
Şekil 4. Toplam küçükbaş hayvan sayısı ve sigortalı küçükbaş hayvan sayısı

İllere göre toplam büyükbaş hayvan sayısı ve sigortalı büyükbaş hayvan sayısına ilişkin veriler Şekil 5’te açıklanmıştır. Bu sonuçlara göre; 2014 yılında büyükbaş hayvan sayısı toplamı içinde sigortalı büyükbaş hayvan sayısının oransal olarak en fazla olduğu il Kırklareli (%41.6)’dir. Bu ilde, 2014 yılında 70.394 baş olan büyükbaş hayvan sayısı, 2015 yılında 2 kat artışla 148.537 başa çıkmıştır (TÜİK, 2024). Ancak, ildeki büyükbaş hayvan sayısındaki artışa karşılık sigortalı büyükbaş hayvan sayısı oranının 2015 yılından 2019 yılına kadar azaldığı ve bu oranın yaklaşık %15 ve %22 arasında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. 2020 yılında Türkiye’de büyükbaş hayvan sayısı toplamı içinde sigortalı büyükbaş hayvan sayısının oransal olarak en fazla Kayseri ilinde (%46), 2021 yılında Kırşehir ilinde (%43.8), 2022 yılında Aydın ilinde (%59.5), 2023 ve 2024 yıllarında da sırasıyla %83.9 ve %63.6 oranla Burdur ilinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu oran 2015 yılından 2018 yılına kadar il bazında %17.9 ile %21.6 arasında değişkenlik göstermektedir. 2020 yılından itibaren hayvan sayısındaki artışa da bağlı olarak bu oran 2024 yılına kadar artarak %46’nın üzerine çıkmıştır. Bu verilere göre; büyükbaş hayvan sayısı toplamı içinde sigortalı büyükbaş hayvan sayısı oranının il bazında arttığı fakat mevcut artışın büyükbaş hayvan sayısı toplamı içindeki oranının düşük olduğu söylenebilir.



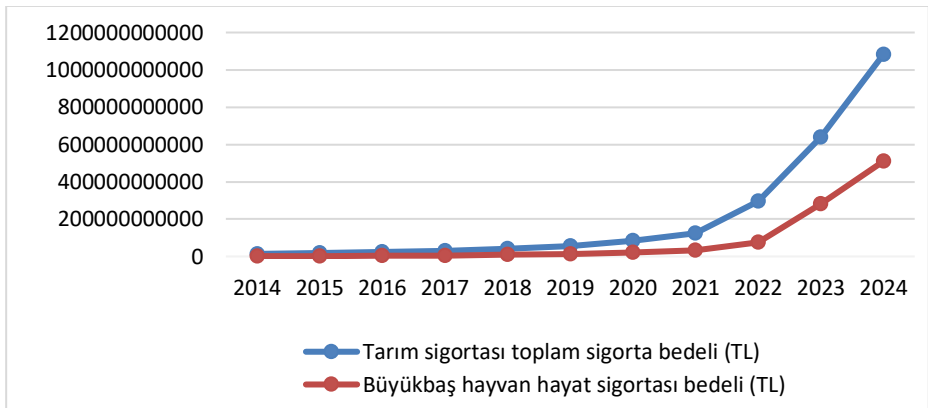
Şekil 5: İllere göre toplam büyükbaş hayvan sayısı ve sigortalı büyükbaş hayvan sayısı

İllere göre toplam küçükbaş hayvan sayısı ve sigortalı küçükbaş hayvan sayısına ilişkin veriler Şekil 6'da açıklanmıştır. Buna göre; 2014 yılında toplam küçükbaş hayvan sayısı içinde sigortalı küçükbaş hayvan sayısının oran olarak en fazla olduğu ilin Bursa (%3.4) olduğu belirlenmiştir. 2014 yılından sonra bu oran yıllar itibariyle giderek azalmıştır (TUİK, 2024). Ayrıca, 2015 yılında bu oranın en fazla Çanakkale ilinde (%3.6), 2016 ile 2019 yılları arasında sırasıyla %13.1, %19.2, %18 ve %18.4 oranla Siirt ilinde, 2020 yılında Kayseri ilinde (%50.7), 2021 yılında Yozgat ilinde (%50.4), 2022 yılında Ankara ilinde (%46.9), 2023 ve 2024 yıllarında sırasıyla %54.9 ve %63.7 oranla Tunceli ilinde olduğu saptanmıştır. 2014-2024 yılları arasında ise bu oran en fazla 2024 yılında Tunceli ilinde (%63.7) artmıştır. Ayrıca, 2020 yılına kadar il bazında toplam küçükbaş hayvan sayısı içinde sigortalı küçükbaş hayvan sayısı oranı %3.4 ile %19.2 arasında değişmekte iken bu oran 2020 yılından itibaren küçükbaş hayvan sayısındaki artışa da bağlı olarak 2024 yılına kadar yaklaşık %46'nın üzerine çıkmıştır. Bu bulgular, toplam küçükbaş hayvan sayısındaki artışa karşılık sigortalı küçükbaş hayvan sayısındaki artışın düşük olduğunu ortaya koymaktadır.



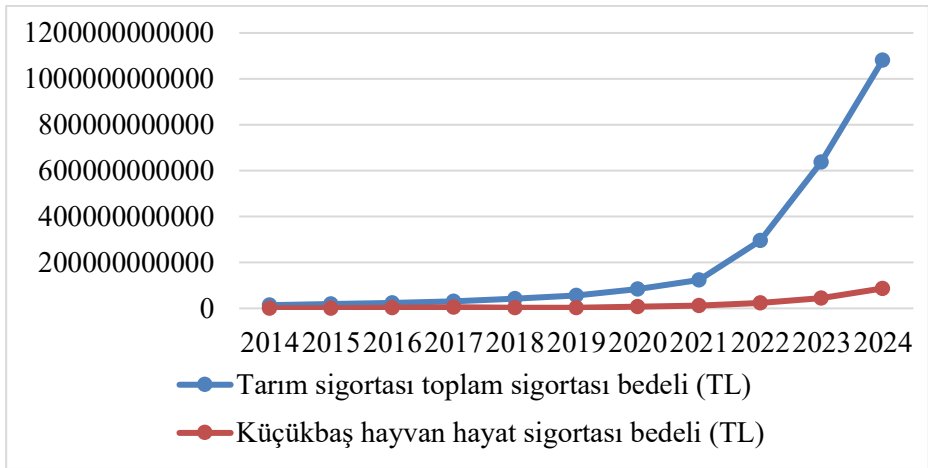
Şekil 6: İllere göre toplam küçükbaş hayvan sayısı ve sigortalı küçükbaş hayvan sayısı

Türkiye'nin tarım sigortası toplam sigorta bedeli ile büyükbaş hayvan hayat sigortası bedeline ilişkin veriler Şekil 7'de açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 13.894.743.746 TL olan tarım sigortası toplam sigorta bedeli, 2024 yılında 77.9 kat artışla 1.082.199.247.919 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). Ayrıca, 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası toplam sigorta bedeli yıllar itibariyle artmıştır. 2014 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası bedeli 1.950.250.230 TL iken bu bedel 2024 yılında 261.4 kat artışla 509.789.766.650 TL'ye yükselmiştir. 2014 yılında tarım sigortası toplam sigorta bedeli içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası bedelinin oranı %14 iken bu oran 2024 yılında %47.1'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası bedeli, bir önceki yıla göre %80.5 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, büyükbaş hayvan hayat sigortası bedelinin tarım sigortası toplam sigorta bedelinin paralelinde yıllar itibariyle arttığını ortaya koymaktadır.



Şekil 7: Tarım sigortası toplam sigorta bedeli ve büyükbaş hayvan hayat sigortası bedeli

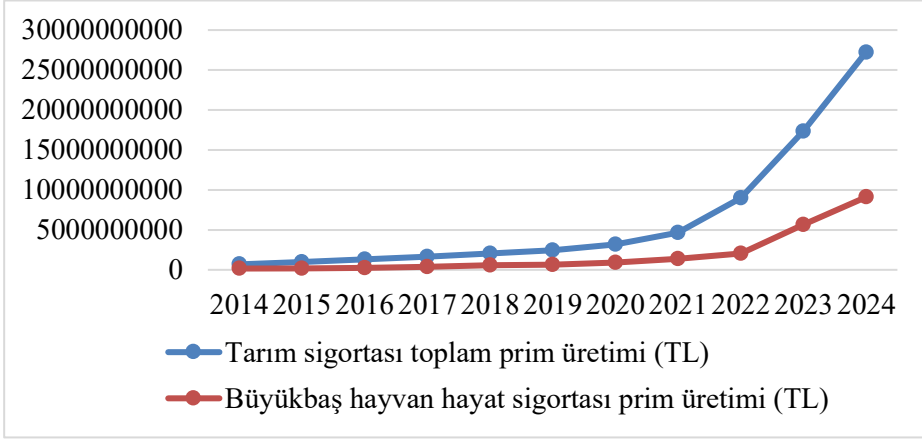
Türkiye'nin tarım sigortası toplam sigorta bedeli ile küçükbaş hayvan hayat sigortası bedeline ilişkin veriler Şekil 8'de açıklanmıştır. Bu sonuçlar, 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası toplam sigorta bedelinin yıllar itibariyle arttığını oratay koymaktadır. 2014 yılında 327.908.415 TL olan küçükbaş hayvan hayat sigortası bedeli, 2024 yılında 265.1 kat artışla 86.949.383.679 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 yılında tarım sigortası toplam sigorta bedeli içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası bedelinin oranı %2.4 iken bu oran 2024 yılında %8'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası bedeli, bir önceki yıla göre %97.4 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, küçükbaş hayvan hayat sigortası bedelinin tarım sigortası toplam sigorta bedelinin paralelinde yıllar itibariyle arttığını göstermektedir.



Şekil 8: Tarım sigortası toplam sigorta bedeli ve küçükbaş hayvan hayat sigortası bedeli

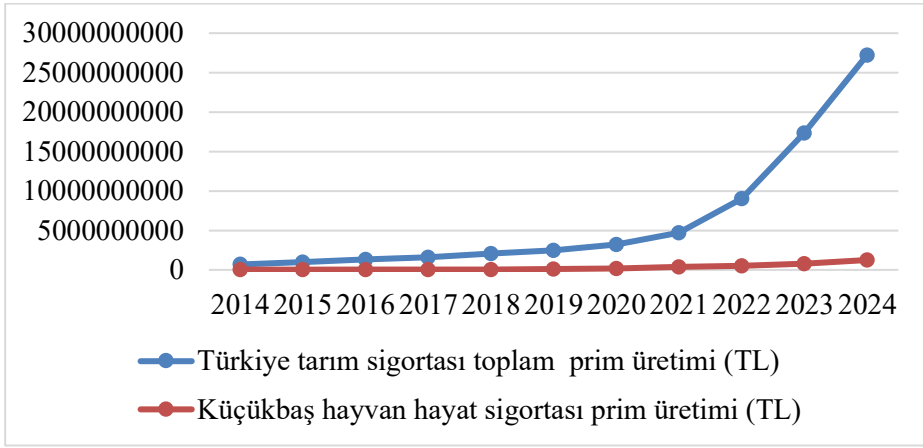
Türkiye'nin tarım sigortası toplam prim üretimi ile büyükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimine ilişkin veriler Şekil 9'da açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 683.535.994 TL olan tarım sigortası toplam prim üretimi, 2024 yılında 39.8 kat artarak 27.227.361.335 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası toplam prim üretimi yıllar itibariyle artmıştır. 2014 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi 160.443.601 TL iken bu miktar 2024 yılında 56.7 kat artışla 9.099.187.585 TL'ye yükselmiştir. 2014 yılında tarım sigortası toplam prim üretimi içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası prim üretiminin oranı %23.5

iken bu oran 2024 yılında %33.4'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında gerçekleşen prim üretimi, 2023 yılına göre %60.5 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam prim üretimi içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi yıllar itibariyle arttığını ortaya koymaktadır.



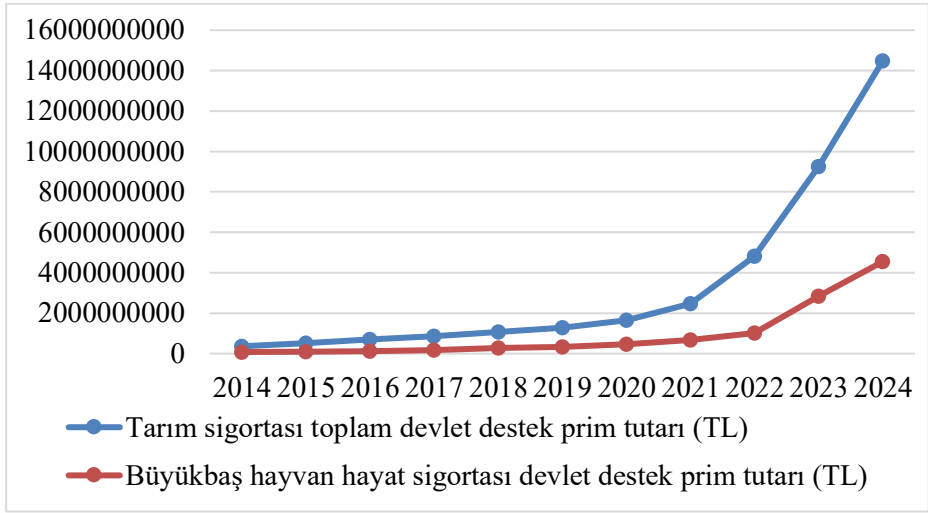
Şekil 9: Tarım sigortası toplam prim üretimi ve büyükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi

Türkiye'nin tarım sigortası toplam prim üretimi ile küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimine ilişkin veriler Şekil 10'da açıklanmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam prim üretiminin 2014 ile 2024 yılları arasında arttığını ortaya koymaktadır. 2014 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi 30.396.807 TL iken bu miktar 2024 yılında 41 kat artışla 12.48.736.053 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 yılında tarım sigortası toplam prim üretimi içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretiminin oranı %4.4 iken bu oran 2024 yılında %4.6'a yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi, bir önceki yıla göre %63 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam prim üretimi içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretiminde yıllar itibariyle önemli bir değişikliğin olmadığını göstermektedir.



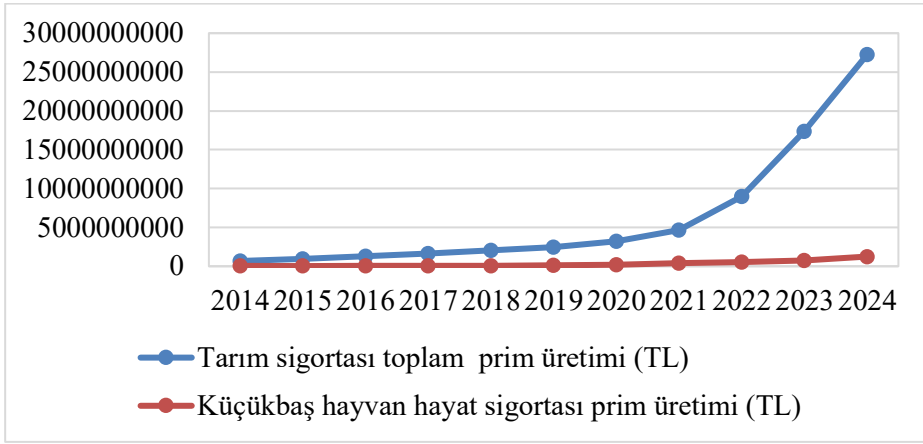
Şekil 10: Tarım sigortası toplam prim üretimi ve küçükbaş hayvan hayat sigortası prim üretimi

Türkiye'nin tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı ile büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarına ilişkin veriler Şekil 11'de açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 363.972.747 TL olan tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı, 2024 yılında 39.8 kat artarak 14.469.310.700 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı yıllar itibariyle artmıştır. 2014 yılında 80.221.704 TL olan büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarı, 2024 yılında 56.7 kat artışla 4.549.592.050 TL'ye yükselmiştir. 2014 yılında tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarının oranı %22 iken bu oran 2024 yılında %31.4'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası prim tutarı, 2023 yılına göre %60.6 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarının yıldan yıla arttığını göstermektedir.



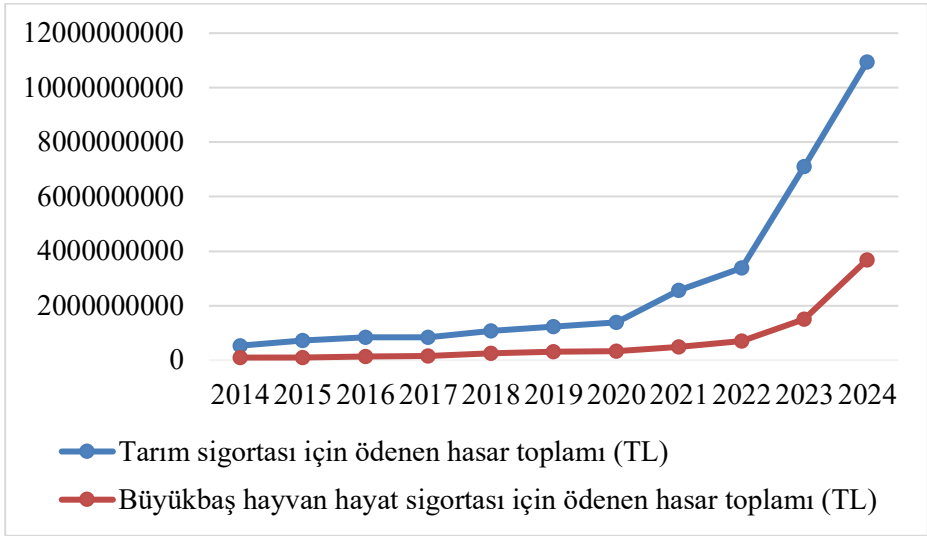
Şekil 11: Tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı ve büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarı

Türkiye'nin tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı ile küçükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarına ilişkin veriler Şekil 12'de açıklanmıştır. 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası toplam prim üretimi yıllar itibariyle artmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında 15.198.392 TL olan küçükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarı, 2024 yılında 41 kat artarak 624.367.796 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 yılında tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarının oranı %4.2 iken bu oran 2024 yılında %4.3'e yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası prim tutarı, 2023 yılına göre %63 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarının yıl bazında itibariyle oransal olarak arttığını ortaya koymaktadır.



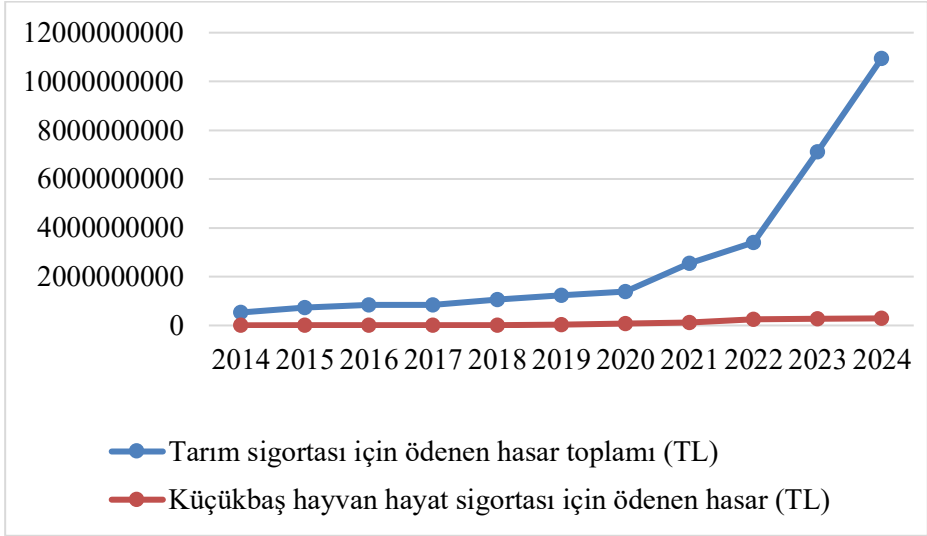
Şekil 12: Tarım sigortası toplam devlet destek prim tutarı ve küçükbaş hayvan hayat sigortası devlet destek prim tutarı

Türkiye'nin tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı ile büyükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamına ilişkin veriler Şekil 13'de açıklanmıştır. Bu verilere göre; 2014 yılında tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı 532.284.864 TL iken bu miktar 2024 yılında 20.6 kat artarak 10.945.422.560 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı yıllar itibarıyla artmıştır. 2014 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamı 98.161.562 TL iken bu miktar 2024 yılında 37.5 kat artarak 3.681.844.729 TL'ye yükselmiştir. 2014 yılında tarım sigortası için ödenen hasar toplamı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamının oranı %18.4 iken bu oran 2024 yılında %33.6'ya yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında büyükbaş hayvan hayat sigortası hasar toplamı, bir önceki yıla göre %144.4 oranında artmıştır. Hayvansal üretim branşlarında üreticilere 2024 yılında 5.036.146.026 TL hasar ödemesi yapılmıştır (TARSİM, 2024). Ayrıca, üreticilere ödenen hasar nedenleri incelendiğinde; ilk sırayı %46.2 oranla hayvan ölümlerinin aldığı ve bunu %31.4 oranla zorunlu kesimlerin, %15.1 oranla yavru ölümlerinin ve %7.2 oranla yavru atmanın takip ettiği görülmüştür. Bu sonuçlar, tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı içinde büyükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamının önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 13: Tarım sigortası için ödenen hasar toplamı ve büyükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamı

Türkiye'nin tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı ile küçükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamına ilişkin veriler Şekil 14'te açıklanmıştır. 2014 ile 2024 yılları arasında tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı yıllar itibariyle artmıştır. 2014 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamı 6.502.720 TL iken bu miktar 2024 yılında 44.6 kat artarak 290.474.818 TL'ye yükselmiştir (TARSİM, 2024). 2014 yılında tarım sigortası için ödenen hasar toplamı içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamının oranı %1.2 iken bu oran 2024 yılında %2.7'ye yükselmiştir. Ayrıca, 2024 yılında küçükbaş hayvan hayat sigortası hasar toplamı, bir önceki yıla göre %3.7 oranında artmıştır. Bu sonuçlar, tarım sigortası için üreticilere ödenen hasar toplamı içinde küçükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamının yıllar itibariyle önemli bir artışın olmadığını göstermektedir.



Şekil 14: Tarım sigortası için ödenen hasar toplamı ve küçükbaş hayvan hayat sigortası için ödenen hasar toplamı

SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye’de 2014-2024 yılları arasında gerçekleştirilen büyükbaş ve küçükbaş hayvan hayat sigortası uygulamalarının genel durumu değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre; hayvan hayat sigortası uygulamalarının genel olarak artış eğilimi gösterdiği ancak bu artışın beklenen düzeyde olmadığı söylenebilir. Özellikle son yıllarda, küresel ısınmadan kaynaklı kuraklıklardaki artışın bitkisel üretimle birlikte hayvansal üretimi de etkilediği ve bu etkinin de artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu nedenle, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından bu risklere karşı hayvan hayat sigortalarına yönelik üretici eğilimlerinin artırılması ve bu uygulamaların yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, sigortalı büyükbaş hayvan sayısında Burdur ilinin ve küçükbaş hayvan sayısında ise Tunceli ilinin ön plana çıktığı görülmektedir. Ancak, diğer illerinde mevcut hayvan sayısı dikkate alınarak sigortalı hayvan sayısı oranının arttırılmasına yönelik uygulamalara ihtiyaç bulunmaktadır. Hayvan hayat sigortası uygulamalarının başladığı günden bugüne kadar sigorta uygulamaları ile ilgili çeşitli iyileştirilmelerin olduğu söylenebilir. Ancak, bu değişme ve gelişmelere karşın Türkiye’nin sahip olduğu hayvan varlığı dikkate alındığında; mevcut sigortalı büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarının oransal olarak düşük olduğu ifade

edilebilir. Bu durumdan hareketle, hayvan hayat sigortalarına ilişkin eğitim ve yayım çalışmaları ile bilgilendirme toplantılarının yapılması, hayvan hayat sigortası kapsamının genişletilmesi, birim hayvan başına sigorta bedelinin daha uygun fiyatlara çekilmesi ve indirim tarifelerinin uygulanmasına ilişkin düzenlemelerin olmasının gerekliliğini arttırmaktadır.

KAYNAKÇA

- Devkota, D., Ghimire, Y. N., Timalisina, K. P., Subedi, S. ve Poudel, H. K. (2021). Determinants of livestock insurance adoption in Nepal. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1952012. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1952012>
- Farayola, C.O, Adedeji, I.A, Popoola, P.O. ve Amao, S.A. (2013). Determinants of participation of small scale commercial poultry farmers in agricultural insurance scheme in Kwara State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Research*, 1(5), 96-100. <https://doi.org/10.12691/wjar-1-5-5>.
- Ghimire, Y., Timsina, K. P., Kandel, G., Magar, D. B. T., Gautam, S. ve Sharma, B. (2016). Agriculture insurance in Nepal: Case of banana and livestock insurance. Socioeconomics and Agricultural Research Policy Division. *Government of Nepal. Nepal Agricultural Research Council NARC. (PPCR/BRCH/AMIS Project)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4767.6403>
- Karaca, A., Gültek, A., İntişah, A.S., Engürülü, B. ve Karlıoğlu, A. (2010). Türkiye’de tarım sigortaları uygulamaları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII Teknik Kongresi*, Ankara, s. 1-16.
- Karahan-Uysal, Ö., Saner, G., Ceyhan, V., Bayramoğlu, Z., Engürülü, B., İkikat Tümer, E., Akyüz, Y., Tekin, M.K. ve Doğan Öz, B. (2020). Tarımda risk yönetimi: mevcut durum ve gelecek eğilimleri. *Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, Ankara, s. 807-834.
- Lall, M., Singh, H. ve Tripathi, R. (2011). Agriculture insurance in India: issues and concern. *Bilingual journal of Humanities & Social Sciences*, 2(1),1-8.
- Mahul, O. ve Stutley, C.J. (2010). Government support to agricultural insurance: challenges and options for developing countries. *The World Bank Washington D.C.* 53881. Erişim adresi: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/698091468163160913/pdf/538810PUB0Gove101Official0Use0Only1.pdf>
- Nepali, B. (2021). Farmers’ perception on status of livestock insurance in Surkhet district, Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 4(2), 111-123. <https://doi.org/10.3126/janr.v4i2.33679>

- Özdemir, Y., Kınıklı, F. ve Engindeniz, S. (2022). Süt sığırcılığı işletmelerinin hayvancılık desteklerinden yararlanma ve memnuniyet düzeyinin saptanması: Balıkesir ili Gönen ilçesi örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 1-10.
<https://doi.org/10.25308/aduziraat.959046>
- TARSİM. (2024). Tarım Sigortaları Havuzu. *2014-2024 yılı faaliyet raporları*. Erişim adresi: <https://www.tarsim.gov.tr/dergi/faaliyet-raporlari/2024>
- TARSİM. (2025a). Tarım Sigortaları Havuzu. *Tarım sigortaları*. Erişim adresi: <https://www.tarsim.gov.tr>
- TARSİM. (2025b). Tarım Sigortaları Havuzu. *Büyükbaş hayvan hayat sigortaları*. Erişim adresi: https://www.tarsim.gov.tr/subPage_en/cattle-insurance
- TARSİM. (2025c). Tarım Sigortaları Havuzu. *Küçükbaş hayvan hayat sigortaları*. Erişim adresi: https://www.tarsim.gov.tr/subPage_en/sheep-and-goats-insurance
- Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K. ve Yıldırım, İ. (2024). Van ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin tarımsal desteklerden faydalanma durumu. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 110-117.
- Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K. ve Yıldırım, İ. (2024a). Süt sığırcılığı işletmelerinin hayvan hayat sigortası yaptırımlarına etki eden faktörlerin analizi: Van ili örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(2), 460-468.
<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1294040>
- TUİK. 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. *2014-2024 yılı hayvancılık istatistikleri*. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/tabloyilSutunGetir.do?durum=yillariGetir&menuNo=196&altMenuGoster=0&tabloNo=84>

BÖLÜM 6

KÜLTÜREL MİRAS KAVŞAĞINDA MEYVELER

Öğr. Gör. İshak BAYYİĞİT¹

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Bölümü, Mardin, ORCID:0000-0001-9190-4985, ismailbayyigit@artuklu.edu.tr

Giriş

Meyve türleri ve insanlık tarihinde yolculuk

Dünya’da meyvecilik kültürü dünya kurulduğundan beri, insan medeniyetine paralel olarak yapılmakta ve kültürel mirasın en önemli unsurlarından birisi olarak bilinmektedir. Coğrafi keşifler ve göçler gibi yollarla meyvecilik kültürü tüm Dünya’ya yayılmıştır (Janick, 2005).

Bu yayılımda meyveler, binlerce yıldır yalnızca besin olarak değil, aynı zamanda kültürel değişim, ticaret ve adaptasyonun sembolleri olarak da hizmet etmiştir. İnsanlık tarihi boyunca yayılımda en etkili olan başlıca meyve türleri Akdeniz bitkisi olarak da bilinen zeytin (*Olea europea*), incir (*Ficus carica*), üzüm (*Vitis vinifera*), hurma (*Phoenix dactylifera*) ve nar (*Punica granatum*) olmuştur. Tarih boyunca önemini koruyan bu türlerin, milattan 7000 yıl kadar önce kültürlerinin yapıldığı bilinmektedir. Bu meyve türlerinin bütün kutsal kitaplarda yer alması, bu türlere insanlık tarafından saygınlık kazandırmış ve kültürel mirasta da en önemli meyve türleri olmalarını sağlamıştır (Ercisli, 2004; Zohary vd. 2012; Fuller vd. 2023).

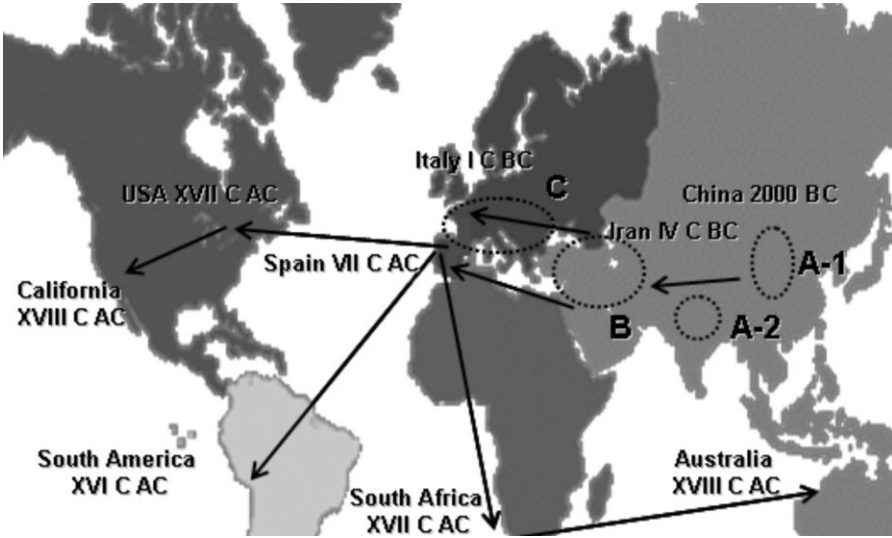
Meyve türlerinin yabani formlardan kültürel formlara dönüşümü yani evcilleştirmenin ikinci önemli aşaması, MS 1. binyılda, Roma, Bizans ve Erken İslam dönemlerinde, birbiriyle bağlantılı toplumların, göçlerle meyve türlerini kıtalararası alışverişe dahil ettikleri ve köken merkezlerinin dışında da kültürlerinin önemli ölçüde arttığı ortaya konmuştur. Klasik ıslahın temelini oluşturan melezleme ile türler içerisinde farklı tiplerin ıslah edildiği ve Avrasya genelinde yerel olarak adapte edilmiş yerel ırkların oluşturulduğu dönem söz konusudur (Meiri ve Bar-Oz, 2024).

İkinci dönem olarak adlandırılan dönemde Orta Asya’da evcilleştirilen elma (*Malus domestica*), antep fıstığı (*Pistacia vera*) ve dut (*Morus spp.*) gibi meyve türleri ile Çin’de şeftali (*Prunus persica*) ve Güneydoğu Asya’da çeşitli turunçgil türleri (*Citrus spp.*) antik ticaret yollarına dağılmış ve yayılmıştır. Coğrafi-tarihsel yollar boyunca uzun süredir devam eden insan etkileşimleri hem tarihsel hem de arkeobotanik olarak belgelenmiştir (Marzano, 2022; Dal Martello vd. 2023). Meyve yetiştiriciliğinde yaşanan gelişimler, insanoğlunun toplumsal yaşamında çok ciddi değişikliklere sebep olmuştur. İnsanların göçebe toplumdaki, yerleşik topluma geçişinde meyveciliğin büyük katkısı, arkeolojik ve arkeometrik olarak kanıtlanmıştır. İnsan-meyve türleri ilişkisi bu

tarihi süreçte büyük değişime sahne olmuştur. Meyve türleri götürüldükleri yerlerde adaptasyon yetenekleri ile yeni bir hayat bulmuşlardır.

Sıcak hava dalgaları gibi abiyotik stresler, adaptasyon sürecinde farklı meyve türlerinin büyümesini ve gelişimini etkileyerek ürün verimliliğini doğrudan azaltır. İklim değişikliği, kuraklık ve gıda güvenliği, dünya genelindeki başlıca endişe kaynaklarıdır. Meyve türleri ve bağlı çeşitler genellikle genomik, transkriptomik, metabolomik ve proteomik düzeylerde antioksidan mekanizmalarını düzenleyerek kuraklık ve aşırı sıcaklık stresine yanıt verirler. Kuraklık stresi toleransı, bitkilerde antioksidan bileşiklerin sentezi veya artışı ve genomik ve metabolomik düzeylerdeki çapraz etkileşimler yoluyla kazanılır (Islam ve Wong, 2017; Wang vd. 2018; Serrano vd. 2019).

Dünya’da farklı kıtalarda yetiştiriciliği yapılan kayısı özelinde dünyadaki yayılımını inceleyecek olursak, Çin'den Orta Asya, Ermenistan ve Anadolu'ya ve ardından muhtemelen Romalılar tarafından Avrupa'ya yayılmıştır. Yayılması oldukça yavaş olup bunun sebebi Avrupa'ya MÖ 70-60 civarında Romalılar aracılığıyla Yunanistan üzerinden gelmesi ve ancak 17. yüzyılda Avrupa'da özellikle Akdeniz kıyılarında önemli bir yetiştiricilik haline dönüşmesidir. Muhtemelen İspanyollar ve İngiliz sömürgeciler tarafından Yeni Dünya'ya götürülmüştür (Faust vd. 1998). Nikolai Vavilov *P. armeniaca*'nın evcilleştirilmesinin Orta Asya ve Çin'de gerçekleştiğini ve evcilleştirilmiş kayısının daha sonra güneye Güney Asya'ya, Batı Asya'ya, Avrupa ve Kuzey Afrika'ya ve doğuya Japonya'ya yayıldığı bilimsel olarak ortaya konmuştur (Ruiz vd. 2011; Liu vd. 2019; Bourguiba vd. 2020) (Şekil 1).



Şekil 1. Kayısının kökenini ve birincil evcilleştirme merkezi. (Çin'de (A-1) ve Keşmir'de (A-2), ikincil çeşitlendirme merkezini İran, Kafkasya ve Türkiye'de (B) ve üçüncü çeşitlendirme merkezini Avrupa'da (C) gösteren dünya haritası. Türün Çin'den Türkiye'ye ve Avrupa'ya, İspanya ve Portekiz'den Kuzey ve Güney Amerika, Güney Afrika ve Avustralya'ya kadar dünya çapındaki dağılımının şematik bir gösterimi de oklarla gösterilmiştir).

Kültürel miras kaynağı olarak geleneksel veya yerel çeşitler

Meyve türlerinin ve türlere ait çeşit, genotip ve tiplerin tarih boyunca kültürel miras unsuru olarak kullanılmaları, türlerin zengin bir çeşitlilik sergilemesinden kaynaklanmaktadır. Sahip oldukları çeşitlilik ve zengin miras, tarihi kayıtlarda sürekli bahsedilen çok önemli bir unsur olmuştur (Ercisli, 2004).

Yerel çeşitler bu bağlamda büyük önem taşımaktadırlar. Yerel çeşitler tarihsel süreçte ve günümüzde genellikle farklı özelliklere sahip, bitki ıslahından yoksun, yerel bir ortama ve geleneksel tarım sistemlerine adapte olmuş, tarihsel geçmişi olan, verimi düşük ancak yüksek çeşitlilik özellikleri ile kültürel miras değeri yüksek çeşitleri ifade etmektedir. Yerel çeşitler, yetiştiricinin kullanım, bilgi, alışkanlık ve gelenekleri ile yakından ilişkili değişken bir popülasyon olarak tanımlanmaktadır. Yerel çeşitler coğrafik, ekolojik izolasyon ve tarımı yaygın olmayan türlere ait olmaları nedeniyle günümüze kadar gelebilmişlerdir (Taş vd. 2017).

Yerel meyveler, yüzyıllardır yerel çiftçiler tarafından yetiştirilen meyve çeşitlerini kapsar. Bu meyveler, onları modern, ticari olarak üretilen

benzerlerinden ayıran kültürel öneme sahiptir. Menşe bölgelerine özgü benzersiz tatlar, dokular ve besin profilleri en önemli özellikleridir. Bu geleneksel çeşitlerin korunması, biyoçeşitliliğin ve kültürel mirasın korunması için hayati önem taşır.

Yerel çeşitler, bir bölgenin veya ulusun kültürel mirasını temsil eder, çünkü bölgenin ihtiyaçlarından, geleneklerinden, alışkanlıklarından ve kültürel ortamından kaynaklanan insan bilgisi, becerileri ve yetiştirme deneyimi korunur. Yerel çeşitler, tarımın başlangıcından itibaren, yabani ekotiplerden seçim ve çiftçiler tarafından kendi bölgelerinde yetiştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Birçok yerel çeşit, geleneksel kullanım ve işleme teknolojileriyle bağlantılıdır ve teknoloji veya gelenek değiştiğinde ortadan kaybolur. Bu yerel çeşitlerin çoğu, mevcut çeşit çeşitliliğinde eksik olan ve yerel koşullara adapte edilmiş özelliklere sahip olmalarına rağmen, günümüzde kaybolmuş, bilinmemekte veya unutulmuştur (Papstein vd. 2015).

Son yıllarda güvenilir gıda tüketimi isteği ve ekolojik kaygılar dünyada ve ülkemizde yerel çeşitlere olan ilgiyi giderek artırmaktadır. Yerel çeşitler küresel kültürel çeşitliliğe katkı yanında, sürdürülebilir tarım uygulamalarında da içerdikleri çok önemli genlerle önem taşımakta ve kültürel mirasın parçası olarak özellikle farklı ülkelerin bir kültürel zenginlik kaynağı olarak arazi gen bankalarında muhafaza edilmektedirler (Balkaya vd. 2010; Erdinç vd. 2013). Ekosistem değişkenliği ve iklim değişikliği dönemlerinde ıslahçılar daha geniş bir gen havuzu çeşitliliğine ihtiyaç duymakta ve yerel çeşitler bu çeşitliliği barındırmaktadır.

Yerel çeşitler kültürel miras yanında, biyolojik çeşitliliğin de en önemli unsurlarındandır. Yerel çeşitler yetiştirdiği çevre koşullarına adapte olmuş, resmi ıslah programına alınmamış, yetiştiricinin kullanım, bilgi, alışkanlık ve gelenekleri ile yakından ilişkili değişken bir popülasyon olarak tanımlanmaktadır (Sönmez vd. 2015). Yerel çeşitler abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı, ve yine hastalık ve zararlılara dayanıklılık özellikleri yanında, birçok istenen kalite özelliğini (özellikle aroma) içerdiklerinden önemli bir gen kaynağı niteliğindedirler (Oğuz vd. 2014). Yerel çeşitler ayrıca, bulundukları bölgeye özgü bitki popülasyonları olup, aynı zamanda o bölge insanının damak zevkini yansıtmaktadırlar (Şekil 1).

Yerel çeşitler Dünya’da farklı ülkelerde, kültürel miras unsuru olarak ulusal gen bankası olarak adlandırılan arazi gen bankalarının envanterine kayıt

edilerek koruma altına alınmaktadır. Yeterli çeşit bilgisine (yerel çeşit adı, orjini vs) sahip olan ve konu uzmanlarının değerlendirmesinde de yerel çeşit olduğuna kanaat getirilen örnekler, enstitülerce tescil denemelerine alınarak tescil ettirilmektedir. Bu çalışmalarla, Dünya mirası olarak adlandırılan bu paha biçilmez kaynaklar, gelecek kuşaklara miras olarak aktarırken, farklı meyve türlerinde bitki genetik kaynağı olarak üzerlerinde toplama ve muhafaza çalışmaları yürütülmektedir.



Şekil 1. Kars ili Kağızman ilçesinde uzun yıllardır yetiştirilen coğrafi işaretli yerel uzun elma çeşidi

Arazi gen bankalarının yanında, son yıllarda yerel çeşitleri koruma altına almak için dondurarak muhafaza etme (Kriyoprezervasyon) protokolleri, hastalık veya çevresel felaket durumunda güvenlik sağlamak amacıyla, aktif koleksiyonlardaki bitkilerin yedekleri olarak özellikle yabancı akrabalar için kullanılmaktadır.

Yerel çeşitler, seleksiyon süreci boyunca gelişen kapsamlı kültürel geçmişler tarafından şekillendirilmiş, farklı genetik kimliklere sahiptir. Katkıları, küresel kültürel çeşitlilik, kimlik ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının depoları olarak hizmet vermenin ötesine geçerek, temel ekonomik ve beslenme de önemli rolleri yerine getirirler. Yüksek genetik çeşitlilik (meyve şekli, rengi, aroması vb.), bu tür bitkilerin olumsuz çevre

koşullarında gelişmesini ve hastalık ve zararlılara dirençli türler geliştirmesini sağlayarak yetiştiricilerinin verim istikrarına ulaşmasını sağlamaktadır (Casanas vd. 2017; Petropoulos vd. 2019).

Tarihsel kanıtlar, *Prunus domestica* (Avrupa erikleri), *Prunus cerasifera* (Kiraz eriği) ve *Prunus spinosa* (Çakal veya güvem eriği) dahil olmak üzere diğer Avrasya erik türlerinin erken Avrupa toplumlarının gelişimi için önemli olduğunu göstermektedir. Her üç türe ait taşlar, Almanya ve Ukrayna'da MÖ 4000-6000 yıllarına tarihlenen Neolitik arkeolojik alanlarda ortaya çıkarılmıştır (Faust ve Suranyi, 1999).



Şekil 2. Kültürel miras kaynağı olarak erik türleri ve çeşitlilik

Genetik erozyon

Meyve türlerinde çeşitlik, meyve türleri, türlere ait çeşit, genotip ve tipler arasındaki değişimi, tarımsal sistemlerin verimliliğini, dayanıklılığını ve uyum kapasitesini olumlu yönde etkiler (Sirami vd. 2019; Egli vd. 2020). Meyve türleri ve onlara ait çeşit/genotipler genelde heterozigot yapıya sahip oldukları için, geleneksel tarımsal ekosistemlerde genetik çeşitliliğin olağanüstü bir mozaikliğini sunarlar ve yetiştirilirler. Bu durum felaket düzeyinde ki kayıplara karşı önemli bir koruma sağlar (Jarvis vd. 2008). Bu çeşitlilik, çiftçilerin yetiştirme ve seçim uygulamalarıyla yönetilir; yerel değişim ve yerel türler arasındaki gen akışı genetik çeşitliliği teşvik eder ve sürekli yetiştirme durumu, yerel adaptasyona yol açar (Mercer ve Perales, 2010).

Yerel çeşitler, hedeflenen özelliklere sahip yeni ticari çeşitlerin üretimi için ıslah programlarında yararlanılabilecek, artan çeşitliliğe sahip değerli bir genetik havuz oluşturur. Yerel çeşitlerin kabul görmüş önemine rağmen, son piyasa eğilimleri ve modern bahçecilik üretim sistemleri, çiftçileri ve ilgili sektörleri, yüksek verimleri ve nihai ürünün homojenliği nedeniyle ticari çeşitler ve melezlerin yetiştirilmesine yönlendirmiştir. Ancak bu eğilim, yalnızca kısa vadeli faydalar sağlarken, küresel iklim değişikliği altında faydalı olabileceği kanıtlanabilecek yerel bahçecilik yerel çeşitlerinin değerli genetik kaynaklarını tehlikeye atmaktadır. Ayrıca, tüketicilerin gıda kalitesi, kökeni ve üretim süreci ile ürünlerin coğrafi işaretlerine ilişkin endişeleri giderek artmaktadır (Petropoulos vd. 2019).

Meyve ıslahçıları tarafından elde edilen ve özel sektör veya hükümet destekli yayım programları aracılığı ile ticari üretimde kullanılan çeşitlere dayalı üretim yapılan tarımsal ekosistemlerde ürün çeşitliliği profili farklılık gösterir. Genetik çeşitliliğin azaldığı bu sistemde, modern çeşitler genetik olarak homojen olduğundan ve tipik olarak geniş coğrafi alanlarda monokültür olarak yetiştirildiğinden, çeşitlerin sık sık değiştirilmesi (yani zamansal çeşitlendirme) biyotik ve abiyotik baskılarla başa çıkmaya yardımcı olmak için kullanılır (Zhu vd., 2000). Modern ürün çeşitlerinin baskın olduğu tarımsal ekosistemlerin gelişimi, 20. yüzyılın başlarında Mendel'in kalıtım yasalarının yeniden keşfedilmesiyle teşvik edildi. Bu yasa, bitki yetiştiricilerinin uygulamaları için yeni açıklamalar sundu ve yeni yetiştirme yöntemlerini teşvik etmek için fırsatlar sağladı (Harwood, 2016). Meyve türlerine ait yerel ırklar ve yabani akrabaları, 19. yüzyılın sonlarından beri bilim insanları tarafından

değerli kaynaklar olarak kabul edilmektedir. Özellikle programlı ıslah çalışmalarında daha yüksek verim, daha fazla zararlı ve hastalık direnci ve diğer önemli özellikler için yetiştirmeye katkıları beklentisiyle koleksiyonları korumak amacıyla kısa bir süre sonra *ex situ* depoları olarak gen bankalarının kurulması yaygınlık kazanmıştır (Saraiva, 2013).

Yerel çeşitler bazında ve kültürel miras temelinde yaşanan en olumsuz gelişme genetik erozyonla bu değerli mirasın gün geçtikçe yok oluşudur. Diğer bir olumsuz durum da maalesef insanlığın ortak hazinesi olan, çoğu yerel genetik kaynaklar henüz tanımlanmamış ve tanımlanmadan yok oluş sürecine girmiştir. Genetik erozyonun temel sebebi, daha verimli ve çekici olan kültür çeşitlerinin, yerel çeşitler üzerinde kurduğu baskıdır (Allaby vd. 2022; Khoury vd. 2022; Luo vd. 2022)

Hem genetik kayıp hem de kültürel kayıp, endüstriyel tarımın gelişmesi ve küresel pazarın talepleri doğrultusunda seçilen birkaç baskın türü vurgulayan modern çeşitlere ve monokültür tarımına geçişle birlikte son 150 yılda önemli ölçüde hızlanmıştır (Khoury vd. 2022). Meyve mahsullerindeki genetik erozyon, örneğin yetiştirilen Cavendish muzunda görülebilir. Bu çeşidin yaygın klonlanması doku kültürü yoluyla yapılır ve bu da genetik çeşitliliğin eksikliğine yol açarak hastalık ve zararlılara karşı oldukça savunmasız bir mono kültürün ortaya çıkmasına neden olur. Bu durum, geçmişte Panama hastalığının Gros Michel çeşidi üzerindeki yıkıcı etkilerine benzer şekilde küresel muz üretimi için önemli bir risk oluşturmaktadır (Ploetz, 2015).

Kültürel ve ekonomik açıdan önemli miras çeşitlerinde genetik çeşitliliğin yeniden canlandırılması, genetik kaybı azaltmak ve gıda güvenliği ile tarımsal sürdürülebilirliği artırmak için hayati önem taşımaktadır (Przelomska vd. 2020; Singh and Behera, 2022). Yerel çeşitler, hastalık direnci, kuraklığa dayanıklılık, besin içeriği ve aroma yada lezzet profilleri gibi özellikler için değerli genler içerebilirler. Bu yerel çeşitleri belirleyip yeniden canlandırarak, ürün dayanıklılığını ve verimliliğini artırmak için daha geniş bir genetik havuzdan yararlanabiliriz. Bunlar, yerel adaptasyon için insan seçilimi yoluyla evrimleşmiştir (Singh ve Behera, 2022). Meyve ürünlerinde bunu başarmak için stratejiler arasında çeşitli germ plazmalarının toplanması ve korunması, direnç ve adaptasyon için ıslah ve yerel meyve ürünlerinin yerinde korunması yer alır (Raggi vd. 2022; Beşirli, 2024). İşaretleyici destekli

seleksiyon ve genetik mühendisliği gibi moleküler teknikler de meyve ürünü çeşitliliğinin yeniden canlandırılmasında önemli bir rol oynayabilir (Singh ve Behera, 2022).

Modern bahçecilik, iklim değişikliği ve artan pazar talebi nedeniyle gıda kalitesi ve gıda güvenliği nedeniyle ciddi zorluklarla karşı karşıyadır. Yerel çeşitler, sürdürülebilir ve kalite odaklı bir bahçeciliğin şekillenmesinde faydalı bir araç olarak kanıtlanabilir. Mevcut e-kitabın, devam eden iklim değişikliğine ürün adaptasyonundaki önemini ve kırsal topluluklar üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerini ortaya koymak amacıyla, yerel yerel çeşitlere yönelik bilimsel ilgiyi artıracığına inanıyoruz. Ayrıca, yerel yerel çeşitlerle ilgili gelecekteki araştırmaların, bu çeşitlerin özelliklerini ortaya çıkarmak, bu genotipleri yoğunlaştırılmış yetiştirme sistemleri altında değerlendirmek ve yeni elit genotiplerin üretimi için ıslah programlarına dahil etmek açısından çok önemli olduğuna inanıyoruz.

Coğrafi işaret

Coğrafi işaret; ekoloji, insan ve genetik faktörlerden kaynaklanan belirgin özellikleriyle coğrafi sınırları belirlenmiş bir yöre, alan ya da bölge ile özdeşleşmiş olan ve sadece bu alanda üretimi ve işlenmesi yapılan bir ürünü tanımlamaktadır (Şahin ve Meral, 2012). Ürünler ait oldukları coğrafi bölgenin dışında yaygın olarak üretilmemekte ve üretilseler dahi coğrafi işaret adıyla pazarlanamamaktadır. Çünkü ürün, ancak ait olduğu yöre içinde üretildiği takdirde niteliklerini kazanabilmektedir. Bu ürünlerin coğrafi işaret ile korunmasının sağladığı avantajlar belli başlı üç grupta toplanabilir. Bunlar sırasıyla; üreticilere koruma sağlaması, pazarlama olanaklarını arttırması ve ekonomik getiri sağlayarak kırsal kalkınmayı desteklemesidir (Gökovalı, 2007). Ülkemizde belirli yörelere özgü ve popülasyon hâlinde bulunan çok sayıda yerli sebze çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, yerel yönetimlerin desteği ile coğrafi işaret tescili almışlardır. Coğrafi işaret herhangi bir yörede yetişen meyve çeşidinin ayırt edici özelliklerini ortaya koyarak marka değerini ve tanınırlığını sağlamaktadır.

Avrupa Birliği (AB) düzenleyici sistemi kapsamında, Korunan Menşee Tasarımları (PDO) ve korunan coğrafi işaretler (PGI), coğrafi kökenlerinden türetilen belirli kalite özelliklerine dayalı ürün adlarını korumayı amaçlamaktadır (Anonymous, 2012). Doğal koşullar (örneğin hava durumu,

toprak, rakım) ve belirli yerel bilgi ve beceriler, kökenle bağlantının kurulmasında temel faktörlerdir.

Coğrafi işaretlerin korunması, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği de desteklemek için giderek daha fazla savunulmaktadır. Nitekim, çevresel yöneticilik, politika yapıcılar ve değer zinciri aktörleri tarafından korumayı gerekçelendirmek için sıklıkla dile getirilmiştir (Berard ve Marchenay, 2006; Belletti ve Marescotti, 2011).

Kaynaklar

- Anonymous. (2012). Regulation (EU) No 1151/2012 of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 on quality schemes for agricultural products and foodstuffs. OJL 343:1-29.
- Allaby RG, Stevens CJ, Kistler L, Fuller DQ. (2022). Emerging evidence of plant domestication as a landscape-level process, *Trends in Ecology & Evolution* 37 (3): 268-279. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.11.002>.
- Balkaya, A., Özbakır, M., Karaağaç, O. 2010. Karadeniz bölgesi'nden toplanan bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duch.) popülasyonlarındaki meyve özelliklerinin karakterizasyonu ve varyasyonun değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 16:17-25.
- Belletti G, Marescotti A. (2011). Origin products, geographical indications and rural development. In *Labels of Origin for Food: Local Development, Global Recognition*; Barham, E., Sylvander, B., Eds.; CABI: Wallingford, UK, 2011; pp. 75–91
- Berard L, Marchenay P. (2006). Local products and geographical indications: Taking account of local knowledge and biodiversity. *International Social Science Journal* 58:109-116.
- Besirli G. (2024). Evaluation of Turkish shallot genetic resources for morphological, biochemical and sensory properties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 48 (4):618-633. <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3206>.
- Bourguiba H, Scotti I, Sauvage C, Zhebentyayeva T, Ledbetter C, Krška B, Remay A, D'Onofrio C, Iketani H, Christen D, Krichen L, Trifi-Farah N, Liu W, Roch G, Audergon J-M. (2020). Genetic structure of a worldwide germplasm collection of *Prunus armeniaca* L. reveals three major diffusion routes for varieties coming from the species' center of origin. *Frontiers in Plant Science* 11: 638. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00638>.
- Casanas F, Simo J, Casals J, Prohens J. (2017). Toward an evolved concept of landrace. *Frontiers in Plant Science* 8:145. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00145>.
- Dal Martello R, von Baeyer M, Hudson M, Bjorn RG, Leipe C, Zach B, Mir-Makhamad B, Billings TN, Muñoz Fernández IM, Huber B, Boxleitner

- K, Lu J-C, Chi K-A, Liu H-L, Kistler L, Spengler RN. (2023). The domestication and dispersal of large-fruited *Prunus* spp.: A metadata analysis of archaeobotanical material. *Agronomy* 13(4):1027. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041027>.
- Egli L, Schroeter M, Scherber C, Tschardt T, Seppelt R. (2020). Crop asynchrony stabilizes food production. *Nature* 588: E7–E12.
- Ercisli S. (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51:419-435. <https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000023458.60138.79>.
- Erdinç Ç, Türkmen Ö, Şensoy S. (2013). Türkiye'nin bazı fasulye genotiplerinin çeşitli bitkisel özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 23 (2): 112-125.
- Faust M, Suranyi D, Nyujto F. (1998). Origin and dissemination of apricot. *Horticultural Reviews* 22: 225-266.
- Faust M, Suranyi D. (1999). Origin and dissemination of plums. *Horticultural Reviews*. 23:179-231.
- Fuller DQ, Denham T, Allaby R. (2023). Plant domestication and agricultural ecologies. *Current Biology* 33 (11): R636-R649. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.04.038>.
- Gökovalı U. (2007). Coğrafi İşaretler ve Ekonomik Etkileri: Türkiye örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 21 (2): 141-160.
- Harwood W. 2016. Barley as a cereal model for biotechnology applications. In: Jones HD, ed. *Biotechnology of major cereals*. Wallingford, UK: CABI, 80–87.
- Islam MS, Wong AT. (2017). Climate change and food in/security: A critical nexus. *Environments* 4 (2):38. <https://doi.org/10.3390/environments4020038>.
- Janick J. (2005). The origin of fruits, fruit growing and fruit breeding. *Plant Breeding Reviews* 25:255-320.
- Jarvis DI, Brown AHD, Cuong PH, Collado-Panduro L, Latournerie-Moreno L, Gyawali S, Tanto T, Sawadogo M, Mar I, Sadiki M, Hue NT, Arias-Reyes L, Balma D, Bajracharya J, Castillo F, Rijal D, Belqadi L, Rana R, Saidi S, Ouedraogo J, Zangre R, Rhrib K, Chavez JL, Schoen D, Sthapit B, De Santis P, Fadda C, Hodgkin T. (2008). A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity

- maintained by farming communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 10: 5326–5331.
- Khoury, C.K., Brush, S., Costich, D.E., Curry, H.A., de Haan, S., Engels, J.M.M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K.L., Miller, A.J., Nabhan, G.P., Perales, H.R., Richards, C., Riggins, C. and Thormann, I. (2022), Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytol*, 233: 84-118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>.
- Liu S, Cornille A, Decroocq S, Tricon D, Chague A, Eyquard J-P, Wei-Sheng L, Giraud T, Decroocq V. (2019). The complex evolutionary history of apricots: Species divergence, gene flow and multiple domestication events. *Molecular Ecology* 28 (24): 5299-5314. <https://doi.org/10.1111/mec.15296>.
- Luo G, Najafi J, Correia PMP, Trinh MDL, Chapman EA, Østerberg JT, Thomsen HC, Pedaş PR, Larson S, Gao C, Poland J, Knudsen S, DeHaan L, Palmgren M. (2022). Accelerated domestication of new crops: Yield is key, *Plant and Cell Physiology* 63: 11, 1624-1640. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcac065>.
- Marzano A. (2022) *Plants, politics and empire in ancient Rome*, Cambridge University Press.
- Meiri M, Bar-Oz G. (2024). Unraveling the diversity and cultural heritage of fruit crops through paleogenomics. *Trends in Genetics* 40 (5): 398-409. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2024.02.003>.
- Mercer KL, Perales HR. 2010. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3: 480–493.
- Oğuz A, Gözen V, Kabaş A, Zengin S, Sönmez K, Ellialtıoğlu Ş. (2014). Determination of relationship between some Turkish local tomato genotypes by using phenotypic characterization. *Derim* 31 (1): 25-34.
- Papstein F, Holubec V, Sedlak J. (2015). Inventory and conservation of fruit tree landraces as cultural heritage of Bohemian forest (Czech Republic), indicators for former settlements of ethnic minorities. *Genetic Resources and Crop Evolution* 62:5-11. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0181-7>.

- Petropoulos SA, Barros L and Ferreira ICFR. (2019). Editorial: Rediscovering Local Landraces: Shaping Horticulture for the Future. *Frontiers in Plant Sciences* 10:126. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00126>.
- Ploetz RC. (2015). Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. *Crop Protection* 73: 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>.
- Przelomska NAS, Armstrong CG, Kistler L. (2020). Ancient plant DNA as a window into the cultural heritage and biodiversity of our food system. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8:74. doi: 10.3389/fevo.2020.00074.
- Raggi L, Pacicco LC, Caproni L, Álvarez-Muñiz C, Annamaa K, Barata AN, Batir-Rusu D, Díez MJ, Heinonen M, Holubec V, Kell S, Kutnjak H, Maierhofer H, Poulsen G, Prohens J, Ralli P, Rocha F, Rubio Teso ML, Sandru D, Santamaria P, Sensen S, Shoemark O, Soler S, Străjeru S, Thormann I, Weibull J, Maxted N, Negri V. (2022). Analysis of landrace cultivation in Europe: A means to support in situ conservation of crop diversity. *Biological Conservation* 267:109460. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109460>.
- Ruiz D, Matínez-Gomez P, Rubio M, Petri C, Larios A, Campoy JA, Egea J. (2011). Application of biotechnology tools to apricot breeding. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 5 (Special Issue 1):101-117. Global Science Books.
- Saraiva T. (2013). Breeding Europe: crop diversity, gene banks, and commoners. In: Disco N, Kranakis E, eds. *Cosmopolitan commons: sharing resources and risks across borders*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 185–212.
- Serrano N, Ling Y, Bahieldin A, Mahfouz MM. (2019). Thermopriming reprograms metabolic homeostasis to confer heat tolerance. *Scientific Reports* 9:181. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36484-z>.
- Singh A, Behera C. (2022). Strategies, Opportunities, and Challenges in Crop Genetic Diversity Conservation: A Plant Breeder's Perspective. In: Kumar, A., Choudhury, B., Dayanandan, S., Khan, M.L. (eds) *Molecular Genetics and Genomics Tools in Biodiversity Conservation*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6005-4_7.
- Sönmez K, Oğuz A, Özdamar K, Ellialtıoğlu Ş. (2015). Bazı yerel sofralık domates genotiplerinin morfolojik ve fenolojik olarak akrabalık

derecelerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 24-40.

Şahin A, Meral Y. (2012). Türkiye’de coğrafi işaretleme ve yöresel ürünler. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5 (2): 88-92.

Tas N, Kırçalioglu, G, Kırıcı, KK, Özer U. (2017). Conservation of Turkish landrace genetic resources. Turkish Journal of Scientific Reviews 10 (1): 48-52.

Wang Q-L, Chen J-H, He N-Y, Guo F-Q. (2018). Metabolic reprogramming in chloroplasts under heat stress in plants. International Journal of Molecular Sciences 19 (3): 849. <https://doi.org/10.3390/ijms19030849>.

Zhu Y, Chen H, Fan J, Wang Y, Li Y, Chen J, Fan J, Yang S, Hu L, Leung H, Mew TW, Teng PS, Wang Z, Mundt CC. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. Nature. 406 (6797):718-22. <https://doi.org/10.1038/35021046>.

Zohary D, Hopf M, Weiss E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*, 4th edn. (Oxford, 2012; online edn, Oxford Academic, 8 May 2015), <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001>.

BÖLÜM 7

SASKATOON MEYVESİ (*Amelanchier alnifolia* Nutt. ex M. Roem) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Prof. Dr. Mehmet POLAT¹

Zir. Yük. Müh. Deniz GÜLKAYA ARITÜRK²

Dr. Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ³

Öğr. Gör. Rüveyda BAĞBOZAN⁴

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161471>

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye. mehmetpolat@isparta.edu.tr, orcid id: 0000-0002-2415-4229

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye. dariturk@pau.edu.tr, orcid id: 0000-0001-6266-4396

³ Has Biotech Araştırma Geliştirme Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya, Türkiye. ebruakyuz88@gmail.com.tr, orcid id: 0000-0003-1630-807X

⁴ Pamukkale Üniversitesi, Tavas Meslek Yüksek Okulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Denizli, Türkiye. rbagbozan@pau.edu.tr, orcid id: 0000-0001-9671-3141

1. GİRİŞ

Saskatoon meyvesi (*Amelanchier alnifolia* Nutt. ex), Kuzey Amerika'nın batı bölgeleri ve Kanada'da doğal olarak yayılış gösteren önemli bir meyve türüdür (Mazza ve Davidson, 1993; St-Pierre, 2005; Dyrness ve Acker, 2010; Lim, 2012). Yetiştigi bölgelere göre farklı adlarla tanımlanan bu meyve, literatürde saskatoon berry, chuckley pear, juneberry, western juneberry, mountain juneberry, western shadbush, rocky mountain blueberry, serviceberry, pacific serviceberry, western serviceberry, alder-leaf shadbush, dwarf shadbush, prairie berry ve pigeon berry gibi isimlerle yer almaktadır (St-Pierre, 2005; Zhao ve ark., 2020). Türkiye'de ise son yıllarda "manaz meyvesi" olarak bilinmekte olan saskatoon meyvesi, yalnızca besin değeri yüksek bir tür olmakla kalmayıp aynı zamanda yüksek antioksidan kapasitesi ve ekolojik uyum yeteneği sayesinde dikkat çeken potansiyel bir meyve olarak kabul edilmektedir (Ergun ve ark., 2014).

Görünüm olarak mavi yemişi andırsa da akrabalık olarak elma ve alıç gibi yumuşak çekirdekli meyvelerle yakınlığı bulunan saskatoon meyvesi, bademle fındığı andıran karakteristik tatlı bir aromaya sahiptir (Mazza, 2005; St-Pierre, 2005). Doğal yayılış alanı olduğu kabul edilen Kanada'nın Saskatoon bölgesinde çilekten sonra ekonomik getirisi en yüksek olan ikinci meyve olduğu bildirilmiştir (Mazza, 2005; St-Pierre ve ark., 2005; Lavola ve ark., 2012; Juríková ve ark., 2013; Zhao ve ark., 2020).

2. DEĞERLENDİRİLME ŞEKİLLERİ

Kırmızı mor renkli meyvelere sahip olan bu bitki geçmişte yerli topluluklar tarafından yaygın biçimde tüketilmiş olup, günümüzde de taze olarak ya da reçel, kahvaltılık gevrek, şurup, jöle, turta dolgusu, dondurma gibi işlenmiş ürünler halinde değerlendirilmektedir (Harris 1970; Pruski ve ark., 1990; Mazza, 2005; Burns Kraft ve ark., 2008; Juríková ve ark., 2013; Zhao ve ark., 2020). İsteğe bağlı olarak çaya ve şaraba da eklenerek tüketilebildiği öne sürülmektedir (Bakowska-Barczak ve Kolodziejczyk, 2008; Donno ve ark., 2016). Pişirilerek tatlı yapımında kullanılabildiği gibi dondurularak saklandığında yıl boyunca tüketim için uygun hale gelmektedir (Mazza, 2005; St-Pierre ve ark., 2005; Zatylny ve ark., 2005; Macdougall, 2016; Lachowicz ve ark., 2017).

Dere kenarlarında erozyonun önlenmesi amacıyla kullanılabilen saskatoon bitkileri rüzgar kıran olarak da değerlendirilebilmektedir (St-Pierre, 2005; Ergun ve ark., 2014). Odunu sert, dayanıklı ve ince dokulu olduğundan; baston, alet sapı, kano parçaları ve küçük el aletlerinin yapımında kullanılmaktadır (Lim, 2012). Genç sürgünleri ise sepet çerçevesi, ok, tarak, sap, kazma çubuğu, balıkçılıkta kullanılan gereçler ve pipo gibi çeşitli eşya üretiminde işe yaramaktadır. Ayrıca meyvelerinden mor renkte boya elde edilmektedir (Lim, 2012; Donno ve ark., 2016).

3. BESLENMEDEKİ YERİ VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Son yıllarda yapılan çalışmalar, tüketicilerin fonksiyonel özellikleri ve biyolojik aktif bileşenleriyle öne çıkan daha az bilinen üzümü meyvelere yöneldiğini göstermektedir (Polat ve ark., 2023). Bu kapsamda özellikle yüksek antioksidan kapasitesi ve antosiyanin içeriğiyle dikkat çeken kıvılcık, bal yemişi, mürver, deniz iğdesi, muşmula, mavi yemiş ve saskatoon meyvelerine olan ilginin giderek arttığı bilinmektedir (Ercişli ve ark., 2007; Ozga ve ark., 2007; Jurikova ve ark., 2012). Gerçekleştirilen çalışmalar, bazı Saskatoon (91,5–114,2 mg/100 g) ile Lonicera klonlarının (172,7–186,6 mg/100 g) askorbik asit açısından, portakal (31 mg/100 g), çilek (46 mg/100 g) ve kividenden (29–80 mg/100 g) daha yüksek miktarlara sahip olduğunu göstermektedir (Jurikova ve ark., 2012). Saskatoon meyvesinin yüksek C vitamininin yanı sıra folik asit, B vitaminleri, E vitamini, pektin ve karoten içeriğinin de oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Meyveleri, protein, lif, potasyum, magnezyum, demir ve manganez gibi besleyici bileşenler yönünden dikkat çekmektedir. Ayrıca siyanidin, malvidin, pelargonidin, petunidin, peonidin delfinidin, gibi polifenol bileşenler bakımından da zengindir (Mazza, 2005; Ergun ve ark., 2014). Olgun meyveleri, özellikle siyanidin türevleri başta olmak üzere antosiyaninler, flavonoller ve proantosiyanidinler gibi flavonoid bileşenleri bol miktarda içermektedir. Bu bileşikler, meyvelere kırmızı-mor rengini kazandırmanın yanı sıra yüksek antioksidan kapasitene sahiptir (Mazza, 2005; St-Pierre, 2005; Hu ve ark., 2005; Jin ve ark., 2015). Saskatoon meyvesindeki antosiyanin düzeyi olgunlaşma süreciyle artmakta ve farklı kültürvarlar arasında değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda, taze “Smoky” kültürvarındaki siyanidin 3-O-glukozit (C3G) miktarı 117,67 mg/100 g ile mavi yemiş,

ahududu ve çilekten oldukça yüksek olduğu belirlenmişti (Bhagwat ve ark., 2011). Mavi yemişe kıyasla Saskatoon meyvesinin nem oranı daha düşük, enerji, protein, karbonhidrat ve yağ değerleri ise daha yüksektir (Mazza, 2005). Dolayısıyla yüksek lif, protein ve mineral içeriği ile birlikte güçlü antioksidan kapasitesi, Saskatoon meyvesini hem besleyici hem de fonksiyonel bir gıda olarak öne çıkarmakta ve insan sağlığı açısından oldukça kıymetli bir seçenek haline getirmektedir (Mazza, 2005; Ergun ve ark., 2014).

Kuzey Amerika'da bitkinin tıbbi özellikleri henüz yeterince araştırılmamış olsa da geçmişte yerli halk tarafından kök, kabuk ve dallarından elde edilen karışımların; ağırlı menstruasyon, hamilelik sırasında kanama, doğum sonrası oluşan ağrılar, plasentanın atılması gibi kadın hastalıkları ve ishal, dizanteri benzeri sağlık sorunlarının tedavisinde kullanıldığı ileri sürülmektedir (Turner, 1997; St-Pierre, 2005; Lim 2012). Ayrıca çalışmalar, meyveden elde edilen fenolik bileşiklerin iltihap ve ağrıyı azaltıcı etkiler taşıdığını ortaya koymaktadır (St-Pierre ve ark., 2005; Adhikari ve ark., 2005; Ergun ve ark., 2014). Meyvenin bünyesinde bulunan biyoaktif bileşikler, polifenoller ve flavonoidler sayesinde insan sağlığı açısından anti-inflamatuvar, antidiyabetik, antikarsinogenik ve kardiyovasküler sistemi koruyucu etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Kyzlink,1990; Mazza 2005; Burns Kraft ve ark., 2008; Jeszka ve ark., 2010; Rop ve ark., 2013; Jurikova ve ark., 2013; Ergun ve ark., 2014; Oszmiański ve Lachowicz, 2016). Meyve kabuğunda bulunan triterpenler ise benzer şekilde ve antiprotozoal, antibakteriyel, antifungal, anti-inflamatuvar özellikler sergileyen biyoaktif bileşikler olup, özellikle kutiküler mum tabakasında yüksek yoğunlukta bulunmaktadır (Loza-Mejía ve Salazar, 2015; Lachowicz ve ark., 2017).

Tablo 1. Saskatoon Meyvesinin (*Amelanchier alnifolia*) Besin, Mineral ve Vitamin İçeriği (100 g yenilebilir kısım)

Besin / Mineral / Vitamin	Değer	Birim	Aralık
Proksimatlar ve Lif			Min-Max
Su	79,55	gram	78–80
Enerji	84,85	kcal	80–89
Protein	1,33	gram	1,23–1,44
Toplam yağ	0,49	gram	0,40–0,53
Kül	0,63	gram	0,59–0,67
Karbonhidrat	18,48	gram	17,1–19,7
Toplam diyet lifi	5,93	gram	5,45–5,79
Çözünür lif	0,66	gram	0,44–0,92
Çözünmez lif	5,27	gram	4,7–5,7
Toplam şekerler	11,36	gram	10,4–12,7
Sükroz	0,17	gram	0,16–0,18
Glukoz (dektroz)	5,23	gram	5,0–6,0
Fruktoz	5,94	gram	5,0–7,0
Mineraller			Min-Max
Kalsiyum (Ca)	41,97	miligram	37,5–47,4
Demir (Fe)	0,96	miligram	0,55–1,41
Magnezyum (Mg)	24,39	miligram	0,21–30,6
Fosfor (P)	20,15	miligram	17,5–21,7
Potasyum (K)	162,12	miligram	151–173
Sodyum (Na)	0,48	miligram	0,19–0,77
Çinko (Zn)	0,17	miligram	0,15–0,21
Manganez (Mn)	1,42	miligram	0,70–2,65
Vitaminler			Min-Max
Vitamin C (askorbik asit)	3,55	miligram	3,05–4,38
Tiamin (B1)	0,04	miligram	0,03–0,04
Riboflavin (B2)	3,54	miligram	3,03–3,79
Pantotenik asit (B5)	0,31	miligram	0,29–0,34
Toplam Folat	4,55	µg	3,79–6,06
Vitamin A (IU)	10,68	IU	22,0–49,4
Vitamin A (RAE)	10,91	µg RAE	6,59–15,1
Vitamin E (alfa-tokoferol)	1,12	miligram	1,00–1,31

Kaynak: Mazza, 2005

4. TARİHÇESİ, SİSTEMATİKTEKİ YERİ VE TAKSONOMİK SINIFLANDIRILMASI

4.1.Tarihçesi

Tarihsel süreçte ABD’de güvercin yemişi olarakta anılan saskatoon meyvesindeki “Saskatoon” kelimesi, Kuzey Amerika yerli halklarından Cree kabilesinin *misâskwatômina* sözcüğünden türetilmiştir (Schorger, 1955; St-Pierre, 2005). *Misâskwatômina* kelimesi Saskatoon bölgesinde yetişen tatlı ve mor renkli küçük meyve anlamına gelmektedir (St-Pierre, 2005).

Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) meyvesi, Kuzey Amerika’nın yerli halkı tarafından yüzyıllar boyunca önemli bir besin ve şifa kaynağı olarak kullanmışlardır. Ayrıca meyvenin iç kabuğunu kaynatarak kar körlüğüne karşı ilaç elde ettikleri öne sürülmektedir (Kershaw, 2000; St-Pierre ve ark., 2005). Meyvenin suyunu ise sindirim sorunlarının tedavisinde kullanmışlardır. Genç sürgünleri ve yaprakları çay, meyveleri boya üretiminde kullanılmış ve kurutulmuş halleri ise ticari olarak değerlendirmişlerdir (St-Pierre ve ark., 2005, Mazza 2005; Adhikari ve ark., 2005; Ergun ve ark., 2014). Yerli topluluklar, meyveyi güneşte veya dumanda kurutarak çorba, yahni, et yemekleri, pemmican (kurutulmuş bizon eti ve yağ ile karıştırılmış uzun yolculuklar için kullanılan besin) şeklinde değerlendirmişlerdir (Zhao ve ark., 2020). Batı Kanada’ya yerleşen Avrupalı göçmenler, bu geleneksel bilgilerden yararlanarak meyveyi mutfaklarında yıl boyunca kullanmaya başlamışlardır (Mazza, 2005).

Saskatoon bitkisi, Thomas Nuttall tarafından *Aronia alnifolia* Nutt. adıyla botanik olarak ilk kez 1818 yılında tanımlanmıştır. Daha sonra 1825’te Sprengel tarafından *Pyrus alnifolia*, 1834’te ise Nuttall tarafından *Amelanchier alnifolia* Nutt. olarak türün adlandırılması tamamlanmıştır. Bu türün adlandırılmasındaki *alnifolia*, “kızılağaç yapraklarına benzer yapraklı” anlamına gelmektedir (St-Pierre, 2005).

Kaşif David Thompson, çeşitli notları incelendiğinde saskatoon meyvesinin Kanada ve İngiltere’de yetiştirilmesini önerdiği belirlenmiştir. Bu öneri doğrultusunda, Saskatoon ilk kez 1918 yılında Kuzey Alberta, Peace River bölgesinde W. D. Albright tarafından kültüre alınmıştır. Daha sonra 1936 yılında Saskatchewan Üniversitesi’nin ilk bahçecilik profesörü olan C.F. Patterson, saskatoon yetiştiriciliği üzerine çalışmalar yaparak bu türün sistematik olarak değerlendirilmesine de katkıda bulunmuştur (St-Pierre,

2005). 1960'ların ortalarından itibaren ise Saskatoon meyvesi Kanada bozkırlarında ticari olarak yetiştirilmeye başlanmıştır (St-Pierre, 2005; Mazza, 2005).

Son yirmi yılda ise Kuzey Amerika'nın yanı sıra Polonya, Finlandiya ve Çekya gibi Avrupa ülkelerinde de saskatoon meyvesinin ticari olarak yetiştiriciliğinin yapıldığı bildirilmiştir (Kershaw, 2000; Adhikari ve ark., 2005; Hellström ve ark., 2007; Rop ve ark., 2012; Lachowicz ve ark., 2017; Moyo ve ark., 2018).

4.2. Sistematikteki yeri ve germplazmı

Botanik sınıflandırmaya göre *Amelanchier* cinsi, Rosaceae familyası içerisinde elma alt familyasında (Pomoideae) yer almaktadır (Hilton, 1965; Harris 1970; McConkey 1979; St-Pierre, 2005). Türler arasındaki yakın filogenetik ilişkiler, taksonomik açıdan birbirlerinden ayırt edilmelerini güçleştirmektedir (Steeves ve ark., 1991; St-Pierre, 2005). Bu zorluk özellikle yaprak morfolojisinde gözlenen yüksek düzeydeki varyabiliteden kaynaklanmaktadır. Çünkü yaprak şekli ve boyutu, bitkinin gelişim evresine ve bulunduğu habitat koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Türlerin güvenilir biçimde ayırt edilmesinde en belirleyici özellikler çiçek ve meyve morfolojisine ilişkin özelliklerdir (Zatylny ve St-Pierre, 2003). Bu yönüyle *Amelanchier* cinsi, elma alt familyasının diğer üyelerinden ayrılmaktadır. Bununla birlikte, farklı türler arasında doğal melezleşmelerin yaygın olması, taksonomik sınırların net biçimde belirlenmesini daha da güçleştirmektedir. Özellikle *Amelanchie alnifolia* ve *Amelanchie canadensis* türlerinin meyveleri Kuzey Amerika'da yaygın tüketim ve kullanım alanı bulurken, birçok *Amelanchier* türü ise erken çiçeklenme özellikleri sayesinde peyzaj bitkisi olarak değerlendirilmektedir (St-Pierre ve Steeves, 1990; Steeves ve Steeves 1990; Brinkman ve Strong 2008).

Batı Kuzey Amerika'ya özgü olan *Amelanchier alnifolia* (Saskatoon), yayılışını Alaska, Yukon ve Kuzeybatı Toprakları'ndan (Kuzey Kutup Dairesi'ne kadar uzanan alanlar dahil) başlayarak güneyde Kaliforniya, Arizona ve New Mexico'ya kadar geniş bir yayılış göstermektedir (Mazza ve Davidson 1993; Mazza 2005; Lim, 2012; Ergun ve ark., 2014). Türün dağılımı, doğuda *Amelanchie canadensis* ile örtüşürken; batı ve güneybatıda, bazı araştırmacılar tarafından *Amelanchie alnifolia*'nın alt türleri olarak

değerlendirilen *Amelanchie florida* ve *Amelanchie cusickii* ile aynı habitatlarda rastlanmaktadır (St-Pierre, 2005).

4.3. Taksonomik sınıflandırma

Alem: Plantae

Bölüm: Magnoliophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Rosales

Familya: Rosaceae

Alt Familya: Pomoideae

Cins: Amelanchier Medik

Tür: *Amelanchier alnifolia* Nutt. ex M. Roem

(Mazza ve Davidson 1993; Mazza 2005; St-Pierre, 2005).

Amelanchier türleri, yıl boyunca peyzaj tasarımında süs bitkisi olarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Kış aylarında, bitkilerin pürüzsüz gri kabukları ve ince dalları dikkat çekicidir (Cool, 1994). Sonbaharda ise yapraklar sarı, turuncu ve kırmızı tonlara dönüşerek peyzaj açısından daha da estetik bir görünüme sahip hale gelmektedir (Cubberley ve Hasselkus, 1987). Özellikle süs bitkisi olarak değerli olan türler arasında *Amelanchier laevis* ve *Amelanchier ×grandiflora* öne çıkmaktadır (Darrow, 1975).

Amelanchier cusickii varyetesinin dalları acı tadı ve hoş olmayan kokusu nedeniyle genellikle otlayan hayvanlar tarafından tüketilmemektedir. Bu varyete prunasin adlı siyanürlü bir glikozit içermekte ve özellikle geviş getiren hayvanlar için potansiyel toksisite riski taşımaktadır. Meyveler ise insanlar için güvenli olup, toksik etki oluşturması için kısa sürede yaklaşık 2 kg olgun meyve tüketilmesi gerekmektedir (St-Pierre, 2005; Ergun ve ark., 2014).

Amelanchier cinsinin tüm türlerinin meyveleri tüketilebilmekte olmasına rağmen *Amelanchier alnifolia*, *Amelanchier spicata*, *Amelanchier oblongifolia* ve *Amelanchier canadensis* varyetelerinin özellikle meyve üretimi için daha uygun olduğu bildirilmiştir (Darrow, 1975). Amelanchier cinsinin en bilinen türleri; *Amelanchier alnifolia*, *Amelanchier arborea* ve *Amelanchier canadensis*'tir (Stevees ve Stevees 1990).

Amelanchier alnifolia (Saskatoon meyvesi veya Alder-leaved serviceberry)

Batı Kuzey Amerika kökenli olan bu bitki, genellikle çok gövdeli çalı formunda gelişir ve 2–3 metre yüksekliğe ulaşabilir. Bazı genotipleri, Amerika Birleşik Devletleri ile Kanada'nın batı bölgelerinde ticari meyve üretimi amacıyla yetiştirilmektedir. Mor-mavi renkteki meyveleri yaklaşık 1 cm çapında ve temmuz ayında olgunlaşmaktadır (Hu ve ark., 2005; St-Pierre, 2005; Donno ve ark., 2016; Brennenstuhl, 2017).

Amelanchier arborea (Downy serviceberry)

Doğu Kuzey Amerika kökenli olan bu tür, 8–10 metreye kadar boylanabilen büyük bir çalı ya da küçük ağaç formundadır. Peyzaj sektöründe, özellikle *Amelanchier laevis* türüyle melezlenerek kullanılmaktadır. Mor-siyah renkte ve hafif tatlı olan meyveleri, haziran ayı sonunda olgunlaşmaktadır (Adhikari ve ark., 2005; Donno ve ark., 2016).

Amelanchier canadensis (Shadblow serviceberry)

Doğu Kuzey Amerika kökenli olan bu tür, sürünücü gövdeli yapısıyla dikkat çeken, 8 metreye kadar boylanabilen bir çalı ya da küçük ağaç formundadır. Dikey büyüme özelliği gösteren taç yapısı, düzgün kül grisi kabuğu ve çiçeklenme döneminde tüysüzleşen ince kırmızımsı kahverengi dallarıyla karakterizedir. Yaprakları sade, karşılıklı dizilişli olup, oval ya da yuvarlağa yakın şekildedir. Mor renkte, 7–15 mm çapında, tüysüz ve mumsu tabakayla kaplı meyveleri, *Amelanchier arborea* meyvelerine benzer şekilde haziran ayı başında olgunlaşır. Bu özellikleri sayesinde peyzaj uygulamalarında tercih edilmektedir (St-Pierre, 2005; Lim, 2012; Donno ve ark., 2016; Brennenstuhl, 2017).

5. MORFOLOJİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

5.1.Habitüsü

Bitkinin morfolojik açıdan oldukça değişken bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Kısa ve yayvan gelişim formundan ince ve dik çalı ya da küçük ağaç formuna kadar farklı morfolojik tipleri bulunmaktadır. 0,3 m.'den başlayarak 6 m.'nin üzerine kadar çıkabilen ağaç ve çalı formlarına rastlanmaktadır (St-Pierre, 2005). Yaprak döken ve çoğunlukla çok gövdeli geniş çalılıklar meydana getiren bitkinin rizomlar aracılığıyla da vejetatif olarak çoğalabildiği bilinmektedir. Kök sistemi, derine inen kazık kökler ve bunları destekleyen yatay yan köklerin kombinasyonundan oluşmaktadır. Yaşlı

dalların kabuk rengi gri, genç sürgünler ise kırmızımsı kahverengi bir görünüme sahiptir. Yapraklar alması, basit ve genellikle oval biçimlidir. Yaprak uçları çoğunlukla yuvarlak, yaprak kenarları ise ince ya da kaba dişlidir. Çiçeklenme döneminde yaprakların yarısı genellikle tam açılmış durumda bulunmaktadır (Miller ve Stushnoff, 1971). Yaprak morfolojisinin genel olarak yüksek düzeyde varyasyon gösterdiği belirlenmiştir (Hu ve ark., 2005; St-Pierre, 2005; Lim, 2012).



Şekil 1. *Amelanchier alnifolia* Nutt. habitüsü

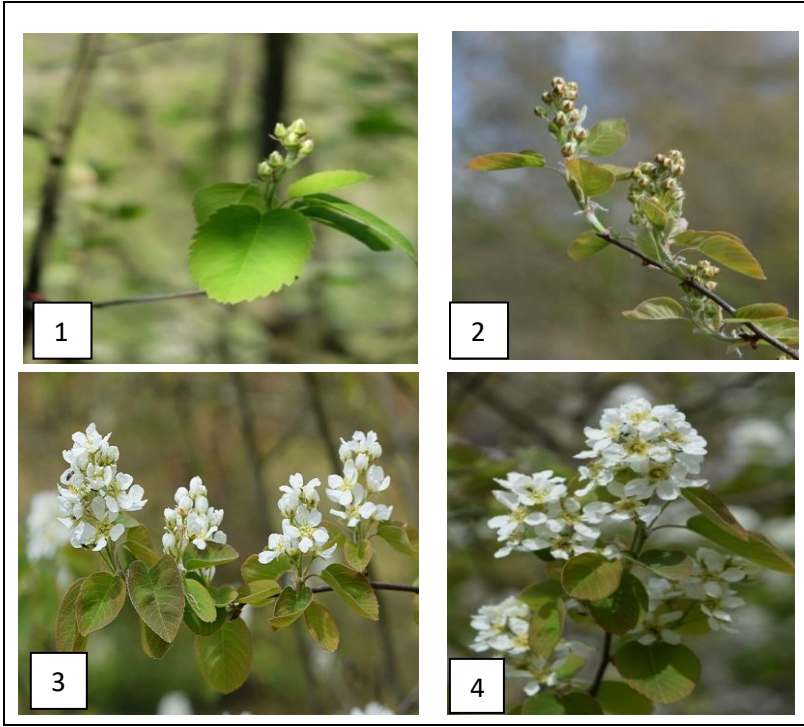
Fotoğraf: Walter Siegmund, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

5.2.Çiçek yapısı ve meyve

Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt. ex M. Roem), Rosaceae familyasının Pomoideae alt familyasına ait türlerle benzer çiçek özellikleri göstermektedir (Steeves ve Steeves, 1990). Çiçeklenme genellikle Mayıs ayının

ilk haftası başlamakta ve haziran başına kadar sürmektedir. Çiçekler hafif çanak biçiminde olup çoğunlukla beş beyaz, nadiren pembe taç yaprak taşımaktadır (St-Pierre, 1989; Steeves ve ark., 1991). Kokulu ve beyaz çiçekler kısa sürgünlerde kümeler halinde bulunmakta ve bu kümelerdeki çiçek sayısı genellikle 1–15 arasında değişmektedir. Çiçekler genellikle böcekler tarafından tozlaştırılmaktadır. Çiçeğin temel yapıları; sepaller (çanak yapraklar), taç yapraklar (korolla), dişi organlar (stigma, stil, ovaryum) ve erkek organlar (anter, filament) şeklindedir (St-Pierre, 1989; Stushnoff 1991; Steeves ve ark, 1991). Çiçek tomurcuğu oluşumu mevcut meyve yükü, kuraklık, ışık ve sıcaklık yetersizliği, besin eksikliği, zararlılar ve hastalıklar gibi faktörlerden etkilenir; özellikle tohumlardan salgılanan gibberellin hormonu, yeni tomurcuk oluşumunu baskılayarak düzensiz ürün verme sorununa yol açabilir (St-Pierre, 2005).

Meyve tutumu, aşırı çiçeklenmeye bağlı olarak doğal kayıplarla sınırlı olmakla birlikte daha çok erken meyve gelişimi döneminde (Mayıs ortası–Haziran ortası) önemli ölçüde kayıplar olduğu gözlemlenmektedir. Doğal popülasyonlarda bu kayıplar %55–98 arasında değişirken, kontrollü bahçe koşullarında daha düşük seviyelerdedir (St. Pierre 1989; Steeves ve Steeves 1991). Erken meyve kayıpları genellikle don olayları, böcek zararları veya besin rekabetine bağlı olarak meydana gelmektedir (Steeves ve Steeves 1991). Çiçeklenmeden olgun meyveye kadar geçen süre ise yaklaşık 45–60 gündür (St-Pierre, 2005).

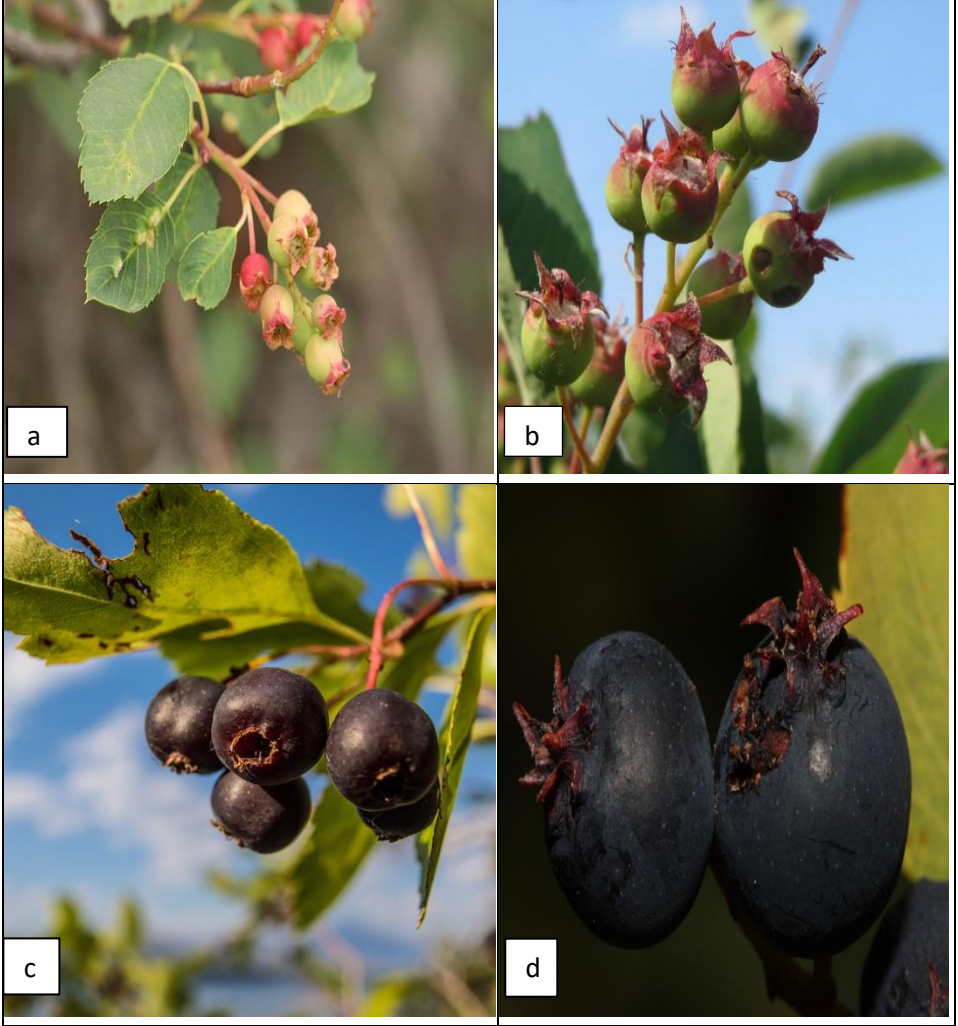


Şekil 2. *Amelanchier alnifolia* Nutt. çiçeği

- 1: Çiçek tomurcuğu başlangıcı (Katrin Schneider, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons)
- 2: Açmış çiçek tomurcuğu (Krzysztof Ziarnek, Kenraiz, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons)
- 3: %50 çiçeklenme (Krzysztof Ziarnek, Kenraiz, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons)
- 4: Tam çiçeklenme (Krzysztof Ziarnek, Kenraiz, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons)

Meyveler genellikle temmuz ayında olgunlaşmaktadır. Meyveleri, yapı ve görünüm açısından oldukça dikkat çekici olup, iri yapılı ve pome tipi özellikte, şekil itibarıyla ise mavi yemiş meyvelerine benzerlik göstermektedir. Özellikle meyvenin morumsu rengi, yuvarlak formu ve yüzeyinin mumsu bir tabakayla kaplı olması ile bu benzerlik daha da belirgin hale gelmektedir. Olgun meyvelerin rengi, mor ve mavi olup çapları 1–1,5 cm arasında değişmektedir (Harris, 1970; Miller ve Stushnoff, 1971; Cool, 1994; Rogiers ve Knowles, 1998). Her meyvede genellikle 1–5 adet küçük tohum bulunmaktadır (Rogiers ve Knowles, 1998; Rogiers ve Knowles, 1999). Tohumların ağırlığı 1,1-6,1 mg arasında değişebilmektedir (St-Pierre ve Steeves, 1990). Bir porsiyon olgun

meyve, yaklaşık 130–135 g ağırlığında değişmektedir (Rogiers ve Knowles, 1997; Rogiers ve Knowles, 1998).



Şekil 3. *Amelanchier alnifolia* Nutt. meyveleri

- a) Olgunlaşmamış meyve (Walter Siegmund, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons).
- b) Olgunlaşmaya başlayan meyve (Anonim, 2025).
- c) Olgunlaşan meyve (GlacierNPS, Kamu malı, Wikimedia Commons).
- d) Hasat olgunluğundaki meyve (Walter Siegmund, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons).



Şekil 4. *Amelanchier alnifolia* Nutt.tohumları
(Steve Hurst, Public domain, Wikimedia Commons)

6. EKOLOJİK İSTEKLERİ

6.1.İklim İsteği

Saskatoon meyvesinin anavatanı Kuzey Amerika kıtasının orta batı kesimleri olup, doğal yayılım alanı Güney Alaska'dan Güney Kaliforniya' ya, Doğu Alberta, Kuzey ve Güney Dakota, Colorado, New Meksiko ve Arizona'yı kapsamaktadır (Mazza, 2005; Dyrness ve Acker, 2010). Bitki, Kaliforniya'da deniz seviyesinden 2,600 m, Colorado'da ise 3,500 m yüksekliklere kadar yetişebilmektedir (Hitchcock ve ark., 1961). Kuraklığa da yüksek toleransı olan bu bitkinin yıllık yalnızca 340 mm. yağış alan bölgelerde bile doğal olarak yetişebildiği ve ayrıca Batı Oregon ile Washington'ın en kurak kesimlerinde de rastlandığı bildirilmiştir (Dyrness ve Acker, 2010; Ergun ve ark., 2014).

Saskatoon bitkisinin doğal yaşam alanlarının, deniz seviyesinden 3,000 metreye kadar uzanan çalılıklar, orman kenarları, akarsu boyları, kanyonlar ve yamaçlar gibi çeşitli habitatlar olduğu bildirilmiştir (St-Pierre, 2005; Lim, 2012; Ergun ve ark., 2014).

Saskatoon bitkisinin kış aylarında son derece düşük sıcaklıklara dayanabilme yeteneğine sahip olduğu ve $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğuk olan iklim koşullarında bile canlılığını sürdürebildiği belirlenmiştir (Junttila ve ark, 1983; Kaurin ve ark., 1984; Lindstrom ve Dirr 1989; St-Pierre 2005). Ancak, özellikle ilkbaharın başlangıcında meydana gelen geç don olayları, çiçeklenme dönemine denk geldiği için çiçek tomurcuklarına zarar verebilmekte ve verimi olumsuz etkileyebilmektedir. Çiçek tomurcuklarının, sert iklim koşullarında

gelişim gösterebildiği ve -50 ile -60 °C arasındaki düşük sıcaklıklara karşı tolerans sergileyebildiği çeşitli gözlemlerle ortaya konmuştur. Buna rağmen, ilkbahar geç donlarına karşı duyarlılık, bu bitkinin üretim başarısını sınırlayan önemli çevresel faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Junttila ve ark., 1983; St-Pierre, 1989; St-Pierre, 2005).

Soğuklama ihtiyacı bakımından oldukça seçici olan bu türün, sağlıklı bir sürgün gelişimi ve meyve oluşumu için 4 °C'nin altında yaklaşık 2,100 saatlik bir soğuklama ihtiyacı bulunduğu bildirilmiştir (St-Pierre ve ark., 2005). Özellikle 'Smoky' ve 'Pembina' gibi bazı kültivarların daha düşük sıcaklık aralıklarında, $0-7$ °C arasında 400–600 saatlik daha sınırlı bir soğuklanma gereksinimine sahip olduğu saptanmıştır. Bu süreç, bitkinin fizyolojik dinlenme dönemini sağlıklı bir şekilde tamamlaması ve mevsimsel gelişimini zamanında başlatabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, bitkinin meyvelerinin olgunlaşma sürecini optimal düzeyde gerçekleştirebilmesi için yeterli düzeyde güneş ışığına da ihtiyaç duyduğu vurgulanmaktadır (St-Pierre, 2005).

Geçmişte doğal olarak yetiştiği bölgelerde sık yangınlarla karşılaşan bu bitki, yangın, biçme ve otlama gibi çevresel etmenlere uyum sağlayarak vejetatif büyümesini sürdürebilmektedir (St-Pierre, 2005).

6.2. Toprak İsteği

Saskatoon bitkisi (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), farklı toprak tiplerine ve geniş bir pH aralığına (5–8) uyum gösterebilme yeteneğine sahiptir. Ancak besin maddelerinin etkin bir şekilde alınması ve yetiştiricilik açısından en uygun pH aralığının 6–7 olması gerektiği saptanmıştır (St-Pierre, 2005; Ergun ve ark., 2014). Düşük toprak kalitesi, bitkinin büyümesini etkilememekle birlikte belirli düzeyde tuzluluk ve kuraklığa karşı da dayanıklı olduğu bilinmektedir. Toprak seçiciliği olmayan bitkinin hafif alkali topraklarda daha iyi performans sergilediği de bilinmektedir (Lim, 2012). Humusça zengin ve iyi drene edilmiş tınlı topraklarda en iyi performansı sergilediği buna rağmen suya doymun olmayan veya aşırı kuru olmayan kumlu, killi topraklarda da gelişebildiği öne sürülmektedir (St-Pierre, 1989; Stushnoff, 1991). Benzer şekilde güneşli veya yarı gölgeli alanlarda da büyüme ve gelişmesini sürdürebilmektedir (St-Pierre, 2005; Lim, 2012; Ergun ve ark., 2014).

7. ÇOĞALTIM YÖNTEMLERİ

Saskatoon bitkisi hem generatif hem de vejetatif yollarla çoğaltılabilmektedir (Scheiner ve ark., 1988; St-Pierre, 2005; Brinkman ve Strong, 2008). Generatif çoğaltım yöntemi, genetik çeşitliliğin yüksek olması nedeniyle ıslah çalışmaları açısından avantaj sağlasa da tohumdan elde edilen bireylerde ciddi fenotipik sapmalar görülebilmektedir. Araştırmalar, bu sapmaların %30'a kadar çıkabildiğini ve tohumdan yetiştirilen bireylerin meyve vermeye başlamasının uzun zaman alabildiğini ortaya koymaktadır (Pruski ve ark., 1990; St-Pierre, 2005; Ergun ve ark., 2014).

Tohumla üretiminde başarılı çimlenmenin gerçekleşebilmesi için belirli bir süre düşük sıcaklıklara maruz kalma, yani soğuk katlama(stratifikasyon) gerekmektedir. Bu türün tohumlarının doğal koşullarda çimlenebilmesi için 4 ile 6 ay boyunca soğukta beklemesi gerekir (Heit, 1968; St-Pierre, 2005; Brinkman ve Strong, 2008; Dyrness ve Acker, 2010). Stratifikasyon sürecini tamamlayan tohumlar, toprak sıcaklığının 1–5 °C'ye ulaştığı erken ilkbahar aylarında çimlenmeye başlamaktadır (McKeever 1938; McLean 1967; Brinkman ve Strong, 2008) Bitkinin çimlenme eşiği düşük olduğundan, kar örtüsü altında dahi çimlenme yeteneği gösterebilmekte ve bu yönüyle soğuk iklim koşullarına son derece dayanıklı bir profil sergilemektedir (St-Pierre 2005; Dyrness ve Acker, 2010; Ergun ve ark., 2014).

Vejetatif çoğaltım yöntemleri arasında ise en dikkat çeken uygulamalardan biri, etiole (ışıksız ortamda gelişmiş) sürgünlerle üretimdir. Bu teknikte, ana bitkinin toprak üstü kısmı kesildikten sonra geriye kalan kısımlar ışık geçirmeyen bir materyalle kapatılır. Karanlık koşullar altında gelişen sürgünler, yaklaşık 4–6 hafta içerisinde 12–18 cm uzunluğa ulaştığında alınarak köklendirme ortamına aktarılır. Köklenme süreci tamamlanan bu sürgünler, uygun arazi koşullarına dikilerek yeni bireyler elde edilir. Yöntemin hem ekonomik oluşu hem de kolay uygulanabilirliği, üreticiler tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır (St-Pierre, 2005).

Son yıllarda doku kültürüyle kitlesel çoğaltım üzüksü meyvelerin kullanımında oldukça tercih edilmektedir (Okutan ve ark., 2024). Saskatoon bitkisinin çoğaltımında doku kültürü yönteminin de kullanıldığı bilinmektedir (Raeva-Bogoslovskaya ve Molkanova, 2023).

8. ÇEŞİTLERİ

Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), büyük ölçüde doğal popülasyonlardan seçilen üstün bireylerin kültüre alınması yoluyla geliştirilmiştir. Bu tür üzerinde şimdiye dek planlı ve kapsamlı bir ıslah programı uygulanmamış olmakla birlikte, yüksek verimlilik, hastalıklara direnç ve meyve kalitesi gibi özellikler açısından avantaj sağlayan bireylerin seçilmesiyle çeşitli kültivarlar ortaya çıkarılmıştır (St-Pierre, 2005). Son yıllarda doku kültürü ve mikroçoğaltma tekniklerindeki ilerlemeler, seçkin genotiplerin hızlı ve sağlıklı şekilde çoğaltılmasına imkan tanımaktadır (Okutan ve ark., 2024).

Saskatoon bitkisinde üstün nitelikli bir çeşitte bulunması gereken başlıca özellikler; kompakt (kısa) bitki yapısı, yüksek verim potansiyeli, iri meyve formu ve yüksek oranda suda çözünür kuru madde içeriği olarak tanımlanmaktadır (Mazza ve Davidson, 1993).

Ticari Saskatoon yetiştiriciliği, büyük oranda Kanada'nın Alberta, Saskatchewan ve Manitoba eyaletlerinde yoğunlaşmış durumdadır. Bu durum, söz konusu bölgelerin iklimsel uygunluğu ile tarımsal altyapının gelişmişliğiyle ilişkilendirilmektedir (Wilson, 1993).

Her ne kadar *Amelanchier alnifolia* henüz tam anlamıyla kültüre alınmış bir tür olarak değerlendirilmesede, özellikle Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzey bölgelerinde seleksiyon yoluyla geliştirilen çeşitlerin üretimi giderek yaygınlaşmaktadır (St-Pierre, 2005; Ergun ve ark., 2014). Kanada'da 2012 yılı itibarıyla 26 farklı kültivar tescillenmiş olup, bu çeşitler arasında Smoky, Pembina, Northline, Thiessen, Martin ve Honeywood ticari yetiştiricilikte en yaygın kullanılanlar arasında yer almaktadır (St-Pierre, 2005; Kwok ve Kitts, 2005; Mazza ve Cottrell, 2008; Ardayfio, 2012).

Günümüzde tescillenmiş Saskatoon çeşitleri arasında ise Bluff, Elizabeth, Lee, Nelson, Parkhill, Pearson II, Regent, Success ve Tisnovsky gibi diğer kültivarlar da bulunmaktadır. Bununla birlikte, özellikle Honeywood, Northline, Martin, Smoky, Pembina ve Thiessen gibi çeşitler, üstün meyve kalitesi ve adaptasyon yetenekleri nedeniyle ticari üretimde öne çıkmaktadır (St-Pierre ve ark., 2005; Zatylny ve ark., 2005; Ozga ve ark., 2007; Lavola ve ark., 2012; Juríková ve ark., 2013; Lachowicz ve ark., 2017).

Son yıllarda Avrupa'da da *Amelanchier alnifolia* türüne yönelik ilgi artmaktadır. Özellikle Çek Cumhuriyeti'nde yürütülen ıslah çalışmaları

neticesinde Brnensky, Ostrawsky, Skolsky, Tisnovsky, NS 1 ve NS 2 gibi yeni çeşitler geliştirilmiştir. Bu çeşitlerin bölgesel adaptasyon yetenekleri ve ticari potansiyelleri, türün Avrupa'daki yaygınlaşması açısından önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir (Rop ve ark., 2012).

Smoky: Kanada'da en yaygın yetiştirilen çeşit olup, ticari üretimin büyük kısmını karşılamaktadır. Orta büyüklükte (2–4,5 m) bir çalı formu oluşturur. Meyveleri iri sayılabilecek boyuttadır (ortalama 12–13 mm), yumuşak dokulu ve tatlıdır. En büyük avantajı çok yüksek verim potansiyeli ve düzenli ürün vermesidir. Ayrıca olgunlaşma dönemi görece uyumludur. Bununla birlikte yaprak lekesi hastalıklarına (özellikle *Entomosporium* kaynaklı) karşı hassasiyet göstermesi, uzun vadede bakım maliyetini yükseltebilir. Yine de pazar değeri ve verimliliği sayesinde ticari yetiştiricilikte hakim olan çeşit konumundadır (Zatylny ve St-Pierre, 2003; Kwok, 2003; St-Pierre ve ark., 2005).

Martin: Thiessen'in tohumlarından seçilmiş bir varyanttır. En belirgin özelliği, Thiessen kadar iri (14 mm civarı) meyve vermesine rağmen daha eş zamanlı olgunlaşmasıdır. Bu durum, hem hasadı kolaylaştırmakta hem de endüstriyel ölçekteki üretimi ekonomik hale getirmektedir. Meyve tadı tatlı ve aromatiktir. 3–4 metre boylanan düzenli bir çalı formu geliştirir. Hem sofralık tüketime hem de işlenmiş ürünlere uygundur. Bu nedenle yeni tesis edilen bahçelerde ticari üreticiler tarafından giderek daha fazla tercih edilmektedir (Zatylny ve St-Pierre, 2003; St-Pierre ve ark., 2005).

Thiessen: Bitki formu güçlüdür, 4–5 metreye kadar boylanabilir ve yayvan bir taç yapısı oluşturur. Meyveleri oldukça iri (ortalama 14 mm) ve tatlı-aromatik özelliklere sahiptir. Ancak en önemli dezavantajı meyvelerin düzensiz olgunlaşmasıdır. Bu nedenle hasat genellikle birkaç aşamada yapılmak zorunda kalır. Ticari üretimde bu durum işçilik maliyetini artırır. Bununla birlikte “u-pick” (tüketicinin kendi topladığı) bahçelerde cazip bir çeşittir, çünkü iri ve lezzetli meyveleri tüketici tarafından beğenilir. Antioksidan kapasitesi Smoky'e göre daha yüksektir (Zatylny ve St-Pierre, 2003; Kwok, 2003; St-Pierre ve ark., 2005).

Verim üzerine yapılan araştırmalar, özellikle Smoky, Martin ve Pearson II çeşitlerinin öne çıktığını göstermektedir (Zatylny ve ark., 2002; St-Pierre ve ark., 2005). Kuzey Dakota'da gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Martin ve

Thiessen çeşitleri, hem meyve verimi hem de meyve büyüklüğü açısından en başarılı genotipler olarak belirlenmiştir (Ardayfio, 2012).

Tablo 2. Ticari değeri yüksek çeşitlerin özellikleri

Çeşit	Boy	Meyve	Nitelikler	Olgunlaşma	Tozlayıcı
Smoky	2–4,5 m	12,3 mm, Tatlı, Yumuşak	En yaygın (% 80+), Yüksek verimli, Hastalığa hassas	Orta	Thiessen, Martin
Thiessen	4–5 m, büyük çalı	14 mm, Tatlı, aromalı	Meyvelerin düzensiz olgunlaşması	Erken	Smoky
Martin	3–4 m	14,3 mm, Tatlı, aromalı	Eş zamanlı olgunlaşma Ticari açıdan avantajlı	Orta	Smoky
Pembina	2.5–5 m, güçlü, uzun ömürlü	11,4 mm, Tatlı-ekşi, Aromalı	Uzun ömürlü (+70 yıl) Hastalıklara dirençli	Orta	Thiessen, Martin
Honeywood	5 m, güçlü	12,3 mm, Tatlı-ekşi, Zengin aroma	Verim düzenli	Geç	Thiessen, Martin
Lee #3	1.5–3 m, kompakt	16 mm, Az çekirdek, Etlı meyve	Taze tüketim, Yüksek kalite, İri meyve	Orta	Thiessen, Smoky

9. BAHÇE KURULUMU VE BAKIMI

Saskatoon bitkisi meyve bahçelerinde, bahçe düzenlemelerinde ve rüzgâr kıran hatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğunlukla kendi kökleri üzerinde yetiştirilse de zaman zaman özellikle zorlu toprak koşullarında bodurlaştırıcı etkiye sahip Cotoneaster anaçlarına aşılanabilmektedir. Bireysel olarak dikilen gövdeler zamanla sürgün vererek yoğun çitler oluşturur. Sürgün verme kapasitesi, kültivar özellikleri, budama yöntemi, toprak işleme derinliği ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (St- Pierre, 1989).

Fidanlar bahçeye sıra arası 4–6 m, sıra üzeri 0,5–1 m aralıklarla dikilebilir. Bitkiler genellikle ikinci veya üçüncü yıldan itibaren meyve vermeye başlamakta ve yaklaşık onuncu yılın sonunda maksimum verim

düzeyine ulaşmaktadır. Uygun bakım ve çevresel koşullar sağlandığında, bitkilerin ömrü 50 yıla kadar uzayabilmektedir (St- Pierre, 2005).

Saskatoon çiçeklerinde tozlaşma böcekler vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Kısmen kendine verimli olmakla birlikte yüksek verim elde etmek için farklı çeşitlerin bir arada dikilmesi yani çapraz tozlaşma uygulanması gerekmektedir. Bahçe kurulumu sırasında, her 4–5 sırada bir farklı çeşit dikilmesi önerilmektedir. Tozlayıcı çeşit olarak %20–25 oranında orta çeşitlerden ‘Smoky’ veya ‘Martin’ kullanılması önerilmektedir. (St-Pierre ve Steeves 1990; Steeves ve ark., 1991; St- Pierre ve ark, 2005). Ayrıca, bal arıları aktivitesinin meyve tutumunu belirgin şekilde arttırdığı ve verim üzerinde olumlu etkisi bulunduğu bilinmektedir (Steeves ve ark., 1991).

Verim yaşına gelmiş bir saskatton bitkisi yıllık 3,1–4,4 kg meyve verebilmekte ve ortalama verim hektar başına 6–8 ton arasında değişmektedir (Stushnoff,1991; St-Pierre, 2005).

Çiçeklenme süresi, doğal yaşam alanlarında 10–20 gün arasında değişirken, tek bir kültivarın yetiştirildiği bahçelerde daha kısa sürmektedir. Erken çiçeklenme, geç ilkbahar donlarına karşı bitkiyi hassas hale getirmekte ve meyve verimini olumsuz etkileyebilmektedir (Olson ve Steeves, 1983; Steeves ve Steeves 1990; St-Pierre, 2005). Bu nedenle daha geç çiçeklenen kültivarların seçimi veya çiçeklenmeyi geciktiren kültürel uygulamalar önerilmektedir. Çiçeklenme döneminde sıcaklıkların -2 °C’ye kadar düşmesi, aşırı yağışların görülmesi ve doğrudan güneş ışığına maruz kalınması, bitkinin fizyolojik süreçlerini olumsuz yönde etkileyerek gelişiminin yavaşlamasına ve verimliliğinin azalmasına neden olabilmektedir (Olson ve Steeves, 1983; Steeves ve Steeves 1990). Bahçe tesisinde, ilkbahar geç donlarının olumsuz etkilerinin görülmediği alanların seçilmesi de önem taşımaktadır (Steeves ve Steeves 1990; St-Pierre, 2005).

9.1. Gübreleme

Saskatoon bitkisi azot gereksinimi düşük olan, orta verimlilikteki topraklarda rahatlıkla yetişebilen dayanıklı bitkilerdir. Toprak tercihi olarak hafif kuru yapılı, iyi drene olabilen ve organik maddece zengin topraklar gelişimini desteklemektedir (St-Pierre, 1989; Stushnoff,1991). Nemli koşullara da adapte olabilme yeteneği gösterse de en iyi gelişimini karasal ve yarı kurak

iklimlerde gerçekleştirmektedir. Aşırı yağış ve yüksek rakım, bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir (Dyrness ve Acker, 2010).

Gübreleme işlemi zorunlu olmasa bile ticari olarak yetiştirilebilmesi için verimi artırmak amacıyla dengeli bir gübreleme programı önerilmektedir. Bu bağlamda, hektar başına 28–56 kg azot, 56–112 kg fosfor ve 336–672 kg potasyum uygulanması verim artışı sağlayabilmektedir (St-Pierre, 2005).

Gübre uygulamaları, özellikle bitkinin aktif büyüme döneminde yapılmalı, toprak analizi sonuçlarına göre şekillendirilmelidir. Aşırı azot uygulamalarından kaçınılmalı çünkü bu durum vejetatif büyümeyi artırırken meyve kalitesini ve verimini olumsuz etkileyebilmektedir (St-Pierre, 2005).

9.2. Sulama

Saskatoon bitkisi kuraklığa dayanıklı bir tür olmakla birlikte, özellikle ilk dikim döneminde düzenli sulama gereksinimi bulunmaktadır. Yeni dikilen bitkilerin kök sistemlerinin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için toprağın nemli tutulması önemlidir (St-Pierre ve ark., 2005). Bitkinin kök derinliğine ulaşacak miktarda, dengeli ve düzenli bir sulama planıyla yaklaşık toprağa toplam 2,5 santimetre derinliğinde su verilmesi yeterlidir. Bitkiler köklerini geliştirdikçe sulama sıklığı azaltılabilir ve sonrasında sulama yalnızca uzun süreli kuraklık dönemlerinde, özellikle sıcak yaz aylarında, meyve verimini artırmak amacıyla yapılmalıdır. Sulamanın yetersiz olması ise bir sonraki yıldaki çiçek gelişimini etkilediği öne sürülmektedir (Steeves ve Steves 1990; St-Pierre, 2005).

Saskatoon bitkisi, iyi drene edilmiş toprakları tercih eder ve aşırı sulamadan kaçınılmalıdır. Sulama sırasında yaprakların ıslanmasını önlemek için damla sulama gibi yöntemler tercih edilebilir. Gübreleme damla sulamayla birlikte yapılabilir (Hartman ve ark., 2023). Ayrıca, organik malç kullanımı toprak nemini korumaya yardımcı olabilmektedir (St-Pierre ve ark., 2005).

9.3. Budama

Yoğun budama gereksinimi bulunmamakla birlikte, belirli dönemlerde yapılan selektif budamalar, bitkinin genel sağlığı ve verimliliği açısından önem taşımaktadır. Budama işlemi; zayıf, yaşlanmış ya da hastalıklı dalların uzaklaştırılması, bitkinin iç kısımlarına güneş ışığı ve hava girişinin artırılması, ayrıca vejetatif ve generatif gelişme arasındaki dengenin korunması amacıyla yapılır (St-Pierre, 2005).

Bu bitkiler, kök çevresinden yeni sürgünler verme eğilimindedir. Bu özellik, bitkinin kümeler oluşturarak yayılmasını sağlamaktadır. Ancak bu yoğun sürgün oluşumu, zamanla bitkinin gelişimini olumsuz etkileyebileceğinden, fazla sürgünlerin düzenli olarak budanması gerekmektedir (St-Pierre, 2005).

Budama işlemleri genellikle bitkinin dinlenme döneminde, yani sonbahar sonu veya erken ilkbaharda gerçekleştirilmelidir. Böylece bitkinin yara iyileşme kapasitesi artırılmakta ve hastalık riski minimize edilebilmektedir (St-Pierre, 2005).

10. HASTALIK VE ZARARLILAR

Görülebilecek hastalık ve zararlılar mevsime, yetiştirme dönemine, iklim koşullarına hatta bazen varyeteye göre değişmektedir (St-Pierre, 2005).

10.1. İlkbahar Dönemi (Çiçeklenme ve Tomurcuk)

Hastalıklar: Bu dönemde özellikle Entomosporium yaprak ve meyve lekesi ve külleme görülür. İlkbahar geç donları, bazı fungal patojenlerin çiçeklere zarar verme riskini artırabilir (Holtslag ve ark., 2004; St-Pierre, 2005).

Zararlılar: Çiçeklenme döneminde saskatoon tomurcuk güvesi ve saskatoon testere sineği gibi böcekler tomurcuk ve genç sürgünlerde zarar yapar. Unlu karaağaç yaprak biti yapraklanmaya başladığında aktif hale gelir (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

10.2. Yaz Dönemi (Meyve Tutumu ve Olgunlaşma)

Hastalıklar: Yazın özellikle saskatoon-ardıç çürüklüğü, kahverengi meyve çürüklüğü, kara yaprak (blackleaf) ve ateş yanıklığı artış gösterir. Bu dönem yüksek yağışlı ise hastalık şiddeti daha fazladır (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

Zararlılar: Bu dönemde elma curculio böceği, kiraz sürgün kurdu, yaprak kıvrımcı türler ve dantel böceği aktif olarak meyve ve sürgünleri hedef almaktadır (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

10.3. Sonbahar Dönemi (Olgun Meyve ve Tohum Yayılımı)

Hastalıklar: Sonbaharda hastalık şiddeti genellikle düşmekte ancak olgun meyvelerde meyve çürüklüğü görülebilmektedir (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

Zararlılar: Armut sümüklü böceği, bazı örümcek türleri olgun meyveler ve yapraklarla beslenmeye devam etmektedir (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

10.4. Kış Dönemi (Dinlenme)

Hastalıklar: Bu dönemde aktif hastalık gelişimi genellikle görülmemektedir (St-Pierre, 2005).

Ekolojik Önemi: Kış aylarında (Aralık–Mart) saskatoon bitkileri, beyaz kuyruklu geyik, katır geyiği, karibu, dağ keçisi ve dağ koyunu için önemli bir besin kaynağıdır. Meyveler ise ardıç kuşu, saksığan, ispinöz ve ipekkuyruk gibi kuşlar, ayrıca çakal, ayı ve kemirgenler tarafından tüketilir. Tohumların yayılımı çoğunlukla hayvan dışkıları aracılığıyla gerçekleşmektedir (Pruski, 1991; St-Pierre, 2005).

11. HASAT VE DEPOLAMA

Hasat, temmuz ve ağustos aylarında gerçekleştirilmektedir. Ağaç üzerindeki meyvelerin yaklaşık üçte ikisi olgunlaştığında hasada başlanabileceği belirlenmiştir (St-Pierre, 2005). Çeşitlerin farklı olgunlaşma özellikleri nedeniyle, hasat genellikle 5–15 günlük aralıklarla üç defaya kadar yinelenebilmektedir. Hasat olgunluğuna erişmiş meyvelerin renginin ergin olmayanlara göre daha koyu mor ve siyah renkli olduğu bildirilmiştir (Rogiers 1997; Rogiers ve Knowles, 1999; St-Pierre, 2005). Bazen meyvelerin homozigot olarak olgunlaşmadığı yaygın olarak gözlenmektedir. Bazı çeşitlerde ethephon uygulamasının olgunlaşma üzerinde kısmi etkileri olduğu bildirilmektedir. Örneğin, ‘Northline’ ve ‘Smoky’ çeşitlerine 1000 mg L⁻¹ ethephon uygulaması, olgun meyve oranını yaklaşık % 9,7 artırmıştır (McGarry ve ark., 2005; Ergun ve ark., 2014).

Meyvelerin oldukça dayanıksız bir yapıya sahip olmasından kaynaklı hasattan sonraki birkaç gün içerisinde bozulabilmektedir (Rogiers 1997; St-Pierre, 2005). Bu nedenle ürünlerin pazara taze olarak ulaştırılması ya da işlenerek değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Depolama koşullarının iyileştirilmesi, meyvenin raf ömrünü uzatmada kritik rol oynamaktadır. Soğukta muhafaza için meyveler, derinliği 15 cm’yi geçmeyen kasalara yerleştirilmeli ve tercihen ön soğutma işleminden sonra 0 °C’de saklanmalıdır. Ayrıca, modifiye atmosfer paketleme yöntemlerinin de muhafaza sürecine olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir. Nitekim ‘Pembina’, ‘Smoky’, ‘Northline’

ve ‘Tiessen’ çeşitleri üzerine yapılan bir çalışmada %5 CO₂ ve %10–20 O₂ atmosfer koşullarının, meyve eti sertliği, antosiyanin düzeyi, suda çözünür kuru madde miktarı ve ağırlık kaybı üzerinde olumlu etkiler yaratarak raf ömrünü uzattığı saptanmıştır (Rogiers ve Knowles, 2000). Kurutulmuş meyveler ise uygun koşullar altında yaklaşık iki yıl depolanabilmektedir (St-Pierre, 2005).

Hasat, edilen ürünlerin kullanım amacına göre farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Taze tüketime sunulacak meyveler elle ve özenli biçimde, endüstriyel işleme, kurutma veya dondurma için ayrılanlar ise sarsıcı hasat makineleri yardımıyla toplanabilmektedir (Rogiers ve Knowles, 1997). Hasat sırasında meyvelerin zarar görmemesi için toplama kaplarına atılmaması, parmaklarla fazla sıkılmaması ve tırnak temasından kaçınılması gerekmektedir. Endüstriyel değerlendirilmeye uygun meyveler, daha erken dönemde hasat edilebilmekte olup, bu dönemdeki ürünlerin pektin ve asit içeriği daha yüksektir (Rogiers ve Knowles, 2000; St-Pierre, 2005).

Depolama sürecinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biri ise gri küf (*Botrytis cinerea*) enfeksiyonudur. Bu hastalığa karşı, gerekli durumlarda fungusit uygulamaları yapılabilmektedir. Dondurma yoluyla muhafaza edilecek meyvelerde ise işlemin en az –20 °C’de gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Rogiers ve Knowles, 2000).

12. VERİM VE BÜYÜME

İlk iki yıldaki güçlü büyüme, erken çiçeklenme için kritik olup, bitkilerin belirli bir minimum boyuta ulaşması gerekir. Normal koşullarda Saskatoon, 2–3 yaşında meyve vermeye başlar ve 7–8 yaşında önemli verim sağlar; maksimum verim ise 12–15 yaşlarında görülür (St-Pierre, 1989; Stushnoff, 1991). Olgun bitkilerde makul verim beklentisi 2–4 kg/çalıdır, bazı olgun Thiessen çalıları 16 kg meyve verebilmektedir. Bakımlı bahçeler 30–50 yıl veya daha uzun süre üretken kalabilir. Yetiştiriciler genellikle 3,000–5,000 kg/ha verim bildirirken, uygun koşullarda 13,500 kg/ha’nın üzerinde verim alınabilmektedir (St-Pierre, 2005).

13. SONUÇ

Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) bitkisinin toprak seçiciliğinin az olması ve kültürel işlemlerinin kolaylığı, ülkemizde ekonomik açıdan önemli bir üretim potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Meyvelerinin yüksek

antioksidan ve biyoflavonoid içeriği, bu türü diğer üzüksü meyveler arasında öne çıkarmakta ve fonksiyonel değeri artırmaktadır. Soğuşa dayanıklılığı sayesinde Türkiye’de özellikle Kuzey ve Güney Anadolu’nun yüksek rakımlı bölgelerinde yetiştirilebileceği ileri sürölmektedir. Bununla birlikte, Türkiye’de profesyonel anlamda doğru fidan yetiştiriciliği tekniklerinin uygulandığı ticari plantasyonların bulunmaması ve dünya genelinde de saskatoon meyvesi yetiştiriciliğine yönelik araştırmaların sınırlı olması oldukça dikkat çekicidir. Tohumdan çoğaltım yerine aşılı veya doku kültürüyle elde edilen standart fidanlarla kapama plantasyonların kurulması, hem verimlilik hem de meyve kalitesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, yaygın olarak kullanılan doku kültürü teknikleri; yeni çeşitlerin geliştirilmesi, kaliteli fidan üretimi, genetik ıslahın hızlandırılması ve sürdürülebilir yetiştiricilik açısından kritik bir öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- Adhikari, D. P., Francis, J. A., Schutzki, R. E., Chandra, A., Nair, M. G. (2005). Quantification and characterisation of cyclo-oxygenase and lipid peroxidation inhibitory anthocyanins in fruits of *Amelanchier*. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 16(3), 175-180.
- Anonim 2025. <https://www.rawpixel.com/image/5964946/juneberry-shrub-close-with-edible-ripe> (Erişim tarihi: 10.09.2025).
- Ardayfio, N. K. (2012). Juneberry (*Amelanchier alnifolia*) micropropagation and cultivar evaluation in North Dakota (Master's thesis, North Dakota State University).
- Bakowska-Barczak, A. M., Kolodziejczyk, P. (2008). Evaluation of Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars for their polyphenol content, antioxidant properties, and storage stability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(21), 9933-9940.
- Bhagwat, S., Haytowitz, D. B., Holden, J. M. (2011). USDA database for the flavonoid content of selected foods, release 3. *US Department of Agriculture: Beltsville, MD, USA*, 159.
- Bockelman, R. *Amelanchier alnifolia*. Washington Native Plant Society: Native Plant Directory. Erişim adresi: <https://www.wnps.org/native-plant-directory/26:amelanchier-alnifolia>
- Brennenstuhl, G. (2017). Verwilderungen von *Amelanchier*-Taxa in der Umgebung von Salzwedel (Altmark). *Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt (Halle)*, 22, 67-76.
- Brinkman, K. A., Strong, T. F. (2008). *Amelanchier* Medik. The woody plant seed manual (Bonner FT, Karrfalt RP, eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, *Agriculture Handbook*, 727, 245-249.
- Burns Kraft, T. F., Dey, M., Rogers, R. B., Ribnicky, D. M., Gipp, D. M., Cefalu, W. T., ... Lila, M. A. (2008). Phytochemical composition and metabolic performance-enhancing activity of dietary berries traditionally used by native North Americans. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(3), 654-660.
- Cool, R.A. 1994. *Amelanchier* spp.–Serviceberry. *Arbor-age* 14 (3): 36-37.

- Donno, D., Cerutti, A. K., Mellano, M. G., Prgomet, Z., Beccaro, G. L. (2016). Serviceberry, a berry fruit with growing interest of industry: Physicochemical and quali-quantitative health-related compound characterisation. *Journal of functional foods*, 26, 157-166.
- Dyrness, C. T., Acker, S. A. (2010). Characteristics Vegetative.
- Ercisli, S., Orhan, E., Ozdemir, O., Sengul, M. (2007). The genotypic effects on the chemical composition and antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115(1), 27-33.
- Ergun, M., Osmanoglu, A., Ozbay, N., Cakir, A. (2014). Manaz Meyvesi (*Amelanchier alnifolia* Nutt. ex. M. Roem).
- GlacierNPS, (t.y.). *Amelanchier alnifolia* meyvesi (Fotoğraf) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. Public domain. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Serviceberry_%28Amelanchier_alnifolia%29_%2842583735110%29.jpg (Erişim tarihi: 05 Eylül 2025).
- Harris, R. E. (1970). The genus *Amelanchier*.
- Hartman, K., Alahakoon, D., Fennell, A. (2023). Impact of Water and Nutrient Supplementation on Yield of Prairie Plantings of Juneberry *Amelanchier alnifolia* Nutt., Cultivar and Windbreak Plantings. *Horticulturae*, 9(6), 653.
- Heit, C. E. (1968). Thirty-five years' testing of tree and shrub seed.
- Hellström, J., Sinkkonen, J., Karonen, M., Mattila, P. (2007). Isolation and structure elucidation of procyanidin oligomers from saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(1), 157-164.
- Hilton RJ, Joswal AS, Teskey BJ, Barabas B. 1965. Rest period studies on seeds of *Amelanchier*, *Prunus*, and *Sorbus*. *Canadian Journal of Plant Science* 45(1): 79B85.
- Holtstag, Q. A., Remphrey, W. R., Fernando, W. G. D., St-Pierre, R. G., Ash, G. H. B. (2004). The development of a dynamic diseaseforecasting model to control *Entomosporium mespili* on *Amelanchier alnifolia*. *Canadian journal of plant pathology*, 26(3), 304-313.

- Hu, C., Kwok, B. H. L., Kitts, D. D. (2005). Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) scavenge free radicals and inhibit intracellular oxidation. *Food research international*, 38(8-9), 1079-1085.
- Hurst, S. (t.y.). *Amelanchier alnifolia* Nutt.tohumları [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amal2_004_lhp.jpg (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).
- Jeszka, M., Flaczyk, E., Kobus-Cisowska, J., Dziedzic, K. (2010). Związki fenolowe—charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyroda Technologie*, 4(2), 19.
- Jin, A. L., Ozga, J. A., Kennedy, J. A., Koerner-Smith, J. L., Botar, G., Reinecke, D. M. (2015). Developmental profile of anthocyanin, flavonol, and proanthocyanidin type, content, and localization in saskatoon fruits (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1601-1614.
- Junttila, O., Stushnoff, C., Gusta, L. V. (1983). Dehardening in flower buds of saskatoon-berry, *Amelanchier alnifolia*, in relation to temperature, moisture content, and spring bud development. *Canadian Journal of Botany*, 61(1), 164-170.
- Juríková, T., Balla, S., Sochor, J., Pohanka, M., Mlcek, J., Baron, M. (2013). Flavonoid profile of saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) and their health promoting effects. *Molecules*, 18(10), 12571-12586.
- Jurikova, T., Sochor, J., Rop, O., Mlček, J., Balla, Š., Szekeres, L., ... Kizek, R. (2012). Evaluation of polyphenolic profile and nutritional value of non-traditional fruit species in the Czech Republic—A comparative study. *Molecules*, 17(8), 8968-8981.
- Kaurin, A., Stushnoff, C., Junttila, O. (1984). Cold acclimation and dormancy of *Amelanchier alnifolia*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(2), 160-163.
- Kershaw, L. (2000). *Edible & medicinal plants of the Rockies*. Lone Pine Pub.
- Kwok, B. (2003). Chemical constituents comprising the antioxidant activity of fresh and dehydrated Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt. cv. Smoky and Thiessen) (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Kyzlink V. (1990). Principles of Food Preservation, *Elsevier*, Amst., Neth.

- Lachowicz, S., Oszmiański, J., Pluta, S. (2017). The composition of bioactive compounds and antioxidant activity of Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) genotypes grown in central Poland. *Food chemistry*, 235, 234-243.
- Lavola, A., Karjalainen, R., Julkunen-Tiitto, R. (2012). Bioactive polyphenols in leaves, stems, and berries of Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(4), 1020-1027.
- Lim, T. K. (2012). Edible medicinal and non-medicinal plants. Dordrecht, The Netherlands: *Springer*. (Vol. 1, pp. 285-292).
- Lindstrom, O. M., Dirr, M. A. (1989). Acclimation and low-temperature tolerance of eight woody taxa. *HortScience*, 24(5), 818-820.
- Loza-Mejía, M. A., Salazar, J. R. (2015). Sterols and triterpenoids as potential anti-inflammatories: Molecular docking studies for binding to some enzymes involved in inflammatory pathways. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 62, 18-25.
- Maddougall, B. (2016). Pemmican Empire: Food, Trade, and the Last Bison Hunts in the North American Plains, 1780–1882. By George Colpitts.
- Mazza, G. (2005). Compositional and functional properties of saskatoon berry and blueberry. *International journal of fruit science*, 5(3), 101-120.
- Mazza, G., Cottrell, T. (2008). Carotenoids and cyanogenic glucosides in saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 249-254.
- Mazza, G., Davidson, C. G. (1993). Saskatoon berry: a fruit crop for the prairies.
- McConkey, M. (1979). What's a Saskatoon. *The pioneering and popularizing of a native fruit. North Am. Pomona*, 12, 2-10.
- McGarry, R., Ozga, J. A., Reinecke, D. M. (2005). The effects of ethephon on Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt) fruit ripening.
- McKeever, D. G. (1938). The Effect of Various Methods of Treatment on the Germination of Seeds of Some Plants Valuable for Game and Erosion Purposes (Doctoral dissertation, University of Idaho).
- McLean, A. (1967). Germination of forest range species from southern British Columbia.
- Miller, W. S., Stushnoff, C. (1971). A description of *Amelanchier* species in regard to cultivar development.

- Moyo, M., Aremu, A. O., Plačková, L., Plíhalová, L., Pěňčík, A., Novák, O., ... Van Staden, J. (2018). Deciphering the growth pattern and phytohormonal content in Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia*) in response to in vitro cytokinin application. *New biotechnology*, 42, 85-94.
- Okutan, E., Akyüz Çağdaş, E., Polat, M., Sarıttoprak, O., Aktaş, H., Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2024). Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.)'in in vitro kültüre alınması aşamasında besin ortamı içerikleri ve genotip etkisi üzerinde çalışmalar (ss. 109–162). In R. Kasım, M. U. Kasım (Ed.), *Bitkisel Üretimde Yeni Teknolojiler*. BİDGE Yayınları.
- Olson, AR ve Steeves, TA (1983). Frost damage in flowers and immature fruits of *Amelanchier alnifolia* Nutt. (Maloideae). *Canadian Journal of Plant Science*, 63(2), 461-466.
- Oszmiański, J., Lachowicz, S. (2016). Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules*, 21(8), 1098.
- Ozga, J. A., Saeed, A., Wismer, W., Reinecke, D. M. (2007). Characterization of cyanidin-and quercetin-derived flavonoids and other phenolics in mature saskatoon fruits (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10414-10424.
- Polat, M., Durul, M. S., Arıtürk, Z. Y. M. D. G., Eskimez, Z. Y. M. İ. (2023). Minör meyveler: Bölüm 11. Bal yemişi (*Lonicera caerulea*) yetiştiriciliği. In M. Polat, M. S. Durul (Eds.), *Minör meyveler* (pp. 345–368). İksad Yayınevi.
- Pruski, K., Mohyuddin, M., Grainger, G. (1991). Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). In *Trees III* (pp. 164-179). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pruski, K.; Nowak, J.; Grainger, G. (1990). Micropropagation of 4 cultivars of saskatoon berry (*Amelanchier-alnifolia* Nutt). *Plant Cell Tissue Organ Cul.*, 21, 103–109.
- Raeva-Bogoslovskaya, E., Molkanova, O. (2023). Effects of gibberellic acid on the regeneration of *Amelanchier* Medik. cultivars in vitro. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2921, No. 1, p. 030001). AIP Publishing LLC.
- Rogiers, S. Y. (1997). Biochemical and physiological studies of Saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit during ripening and storage.

- Rogiers, S. Y., Knowles, N. R. (1997). Physical and chemical changes during growth, maturation, and ripening of saskatoon (*Amelanchier alnifolia*) fruit. *Canadian journal of botany*, 75(8), 1215-1225.
- Rogiers, S. Y., Knowles, N. R. (1998). Effects of storage temperature and atmosphere on saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit quality, respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology*, 13(3), 183-190.
- Rogiers, S. Y., Knowles, N. R. (1999). A comparison of preharvest and postharvest ethylene production and respiration rates of saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit during development. *Canadian journal of botany*, 77(3), 323-332.
- Rogiers, S. Y., Knowles, N. R. (2000). Efficacy of low O₂ and high CO₂ atmospheres in maintaining the postharvest quality of saskatoon fruit (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Canadian Journal of Plant Science*, 80(3), 623-630.
- Rop, O., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J., Kizek, R. (2013). Antioxidant properties of saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruits. *Fruits*, 68(5), 435-444.
- Rop, O., Řezníček, V., Mlček, J., Juríková, T., Sochor, J., Kizek, R., ... Balík, J. (2012). Nutritional values of new Czech cultivars of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Horticultural science*.
- Schneider, K. (2016). *Amelanchier alnifolia* çiçeği (Fotoğraf1) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Korina_2016-05-01_Amelanchier_alnifolia_5.jpggh (Erişim tarihi: 9 Eylül 2025).
- Siegmund, W. (t.y.). *Amelanchier alnifolia* meyvesi (Fotoğraf a) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_0324.JPG (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).
- Siegmund, W. (t.y.). *Amelanchier alnifolia* meyvesi (Fotoğraf d) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_2806.JPG (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).
- Siegmund, W. (t.y.). *Amelanchier alnifolia* habitüsü [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0.

- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_4105.JPG. (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025)
- St Pierre, R. G., Steeves, T. A. (1990). Observations on shoot morphology, anthesis, flower number, and seed production in the Saskatoon, *Amelanchier alnifolia* (Rosaceae). *Canadian field-naturalist. Ottawa ON, 104*(3), 379-386.
- St. Pierre, R. G. (1989). Magnitude, timing, and causes of immature fruit loss in *Amelanchier alnifolia* (Rosaceae). *Canadian journal of botany*, 67(3), 726-731.
- Steeves, M. W., Steeves, T. A. (1990). Inflorescence development in *Amelanchier alnifolia*. *Canadian journal of botany*, 68(8), 1680-1688.
- Steeves, T. A., Steeves, M. W., Olson, A. R. (1991). Flower development in *Amelanchier alnifolia* (Maloideae). *Canadian journal of botany*, 69(4), 844-857.
- St-Pierre, R. G. (2005). An introduction to growing saskatoons. *Prairie elements, Saskatoon, Canada*, 1-3.
- St-Pierre, R. G., Zatylny, A. M., Tulloch, H. P. (2005). Evaluation of growth and fruit production characteristics of 15 saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars at maturity. *Canadian journal of plant science*, 85(4), 929-932.
- Stushnoff, C. (1991). *Amelanchier* species. *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops* 290, 549-568.
- Turner, N. J. (1997). *Food plants of interior First Peoples* (pp. 215-pp).
- Wilson, B. (1993). Saskatoon berries. *Bemidji, MN: Summer Harvest Berry Farm*, 5.
- Zatylny, A. M., St-Pierre, R. G. (2003). Revised international registry of cultivars and germplasm of the genus *Amelanchier*. *Small Fruits Review*, 2(1), 51-80.
- Zatylny, A. M., Ziehl, W. D., St-Pierre, R. G. (2005). Physicochemical properties of fruit of 16 saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(4), 933-938.
- Zhao, L., Huang, F., Hui, A. L., Shen, G. X. (2020). Bioactive components and health benefits of Saskatoon berry. *Journal of Diabetes Research*, 2020(1), 3901636.

- Ziarnek, K. (t.y.). Amelanchier alnifolia (Fotoğraf 2) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_kz07.jpg. (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).
- Ziarnek, K. (t.y.). Amelanchier alnifolia çiçekleri (Fotoğraf 3) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_kz09.jpg. (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).
- Ziarnek, K. (t.y.). Amelanchier alnifolia çiçekleri (Fotoğraf 4) [Fotoğraf]. Wikimedia Commons. CC BY-SA 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelanchier_alnifolia_kz08.jpg. (Erişim tarihi: 10 Eylül 2025).

BÖLÜM 8

BÜYÜKBAŞ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE KUŞ VE KARASİNEK İSTİLALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: NEDENLERİ, ETKİLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Arş.Gör.Dr. Murat TURAN¹

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL²

Doç. Dr. Halit Deniz ŞİRELİ³

Zir. Yük. Müh. İrfan İNAN⁴

Zir. Yük. Müh. Fırat BÜLBÜLLER⁵

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161508>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Van, Türkiye. muratturan@yyu.edu.com, orcid id: 0000-0001-9286-3046

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootehni ve Hayvan Besleme Bölümü, Van, Türkiye. afatihdemirel@yyu.edu.tr, orcid id: 0000-0002-7905-5850

³ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye. hdsireli@gmail.com, orcid id: 0000-0002-0711-0750

⁴ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Van, Türkiye. irfaninan45@gmail.com, orcid id: 0009-0007-0084-1394

⁵ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Van, Türkiye. firatbulbuller@gmail.com, orcid id: 0000-0003-1062-5103

1. GİRİŞ

Hayvancılık ve yaban hayatı arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya çıkan zoonotik enfeksiyonlar; halk sağlığı, ekonomik sürdürülebilirlik ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Karmacharya ve ark., 2024). Özellikle yabani kuşlar, bulaşıcı hastalıkların geniş coğrafi alanlarda çiftlik hayvanlarına taşınmasında rol üstlenirler. Bu nedenle, yabani kuşların hayvan barınaklarına girişini engellemeye yönelik biyogüvenlik önlemler kritik bir önem arz etmektedir (Eto ve ark., 2025). Benzer şekilde, karasinekler (*Stomoxys calcitrans*) de küresel ölçekte sığır yetiştiriciliğini olumsuz etkileyen en zararlı eklembacaklı türlerinden biri olarak tanımlanmakta ve kayda değer ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Taylor ve ark., 2012).

Yabani kuşlar, sığır yemlerini tüketme girişimleriyle hem yemin bozulmasına ve hem de yemin fiziksel yapısının zarar görmesine neden olabilmektedir (Adams-Progar ve ark., 2020). Özellikle sığırcık kuşları (*Sturnus vulgaris*) yemlikler, ekipmanlar ve hayvanların üzerine dışkılama davranışları sergilemekte ve aynı zamanda sığır yemlerini tüketme eğilimi göstermektedirler. Bu tür etkileşimler, yetiştiriciler açısından önemli ekonomik kayıplara yol açmakta ve potansiyel patojenlerin yayılım riskini artırmaktadır (Lichtenwalter ve ark., 2023). Sığırcıkların çiftlikleri tercih etmelerine neden olan faktörlerin daha iyi anlaşılması, süt üreticileri ve çiftlik yöneticilerine, popülasyon kontrolünü öldürücü olmayan yöntemlerle sağlayabilmeleri için önemli bir bilgi temeli sunmaktadır (Medhanie ve ark., 2015).

Zararlı sinekler, patojen taşıyabilmeleri, hayvanların beslenme davranışlarını ve zamanlarını olumsuz yönde etkilemeleri sonucu canlı ağırlık artışı ile süt veriminde azalmaya yol açmaları nedeniyle, sığır yetiştiriciliğinde hem ekonomik açıdan hem de hayvan refahı bakımından önemli bir sorun teşkil etmektedir (Byford ve ark., 1992; Dougherty ve ark., 1993; Woolley ve ark., 2018). Hayvan refahının korunması, verim kayıplarının önlenmesi ve tedavi maliyetlerinin azaltılması ise ancak etkin biyogüvenlik uygulamalarının hayata geçirilmesiyle mümkün olabilmektedir (Turan ve ark., 2023).

Bu çalışmanın amacı, büyükbaş hayvancılık işletmelerinde üretim verimliliği ile hayvan refahını olumsuz etkileyen ve yetiştiricilikte karşılaşılan temel sorunlardan biri olan kuş ve karasinek problemini incelemek; söz konusu

problemlerin nedenleri ile ekonomik yansımalarını ortaya koymak ve literatür bulgularına dayalı uygulanabilir çözüm önerileri geliştirmektir.



Şekil 1. Merada otlatılan sığırlarda görülen ve genellikle sırt, karın bölgesi, göz ve ağız bölgelerinde yer alan sinekler (Denning ve ark., 2014).



Şekil 2. Süt sığırlarının yemlerinden faydalanmaya çalışan kuşlar (Anonim, 2025).

2. Literatürde Kuş ve Karasinek Sorununa İlişkin Çalışmalar

2.1. Kuş Kaynaklı Sorunlar; verim kayıpları, hastalıklar ve ekonomik kayıplar

Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde çeşitli kuş türlerinin varlığı, barınakların hijyeninden yem ve su kaynaklarının güvenliğine, yapısal bütünlükten hayvan refahına kadar pek çok alanda sorun yaratabilmektedir. Çeşitli çalışmalarda elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Lichtenwalter ve ark. (2023), kuş popülasyonlarının mevsimsel dalgalanmalar gösterdiğini ve bu değişimlere yönelik uygun stratejilerin geliştirilmesinin söz konusu sorunun kontrol altına alınmasına katkı sağlayabileceğini bildirmiştir. Adams-Progar ve ark. (2020) ise beş farklı işletmeden topladıkları kuş dışkıları örneklerini incelemiş ve bu örneklerin önemli bir bölümünde, sığırlarda düşüklerle ilişkili olan *Campylobacter jejuni* bakterisini tespit etmiştir. Çalışma, kuş popülasyonlarının kontrol altına alınmasının hem hayvan refahı hem de işletme ekonomisi açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Medhanie ve ark. (2015) tarafından yürütülen araştırmada ise kuş yoğunluğunun, işletmelerde açık alanda yemleme sıklığıyla doğru orantılı olarak arttığı ve gübre temizliğinin düzenli yapılmasının işletmedeki kuş sayısını doğrudan etkilediği ortaya konmuştur. Araştırmacılar, yetiştiricilerin risk faktörlerini tanımlayabilmeleri durumunda, kuşlardan hayvanlara ve insanlara patojen bulaşma riskinin önemli ölçüde azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Öte yandan, Tormoehlen ve ark. (2019), yabani kuşların çiftlikleri yiyecek ve barınma alanı olarak kullanmalarının, enterik patojenlerin veya antimikrobiyal dirençli bakterilerin yayılımına katkı sağlayabileceğini göstermiştir.

Shwiff ve ark. (2012), Kuzey Amerika'daki işletmelerde istilacı kuşların yem kaybı, artan işletme maliyetleri ve bazı zoonotik patojenlerin yayılımıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Pensilvanya'da yürütülen girdi-çıkı modeli göre, kuş kaynaklı yem kayıpları 2009 yılında eyalet genelinde 4,1–12,1 milyon ABD Doları ekonomik zarara ve yaklaşık 112 iş kaybına yol açmıştır. Elser ve ark. (2019) Washington Eyaleti'ndeki mandıralarda kuş kaynaklı ekonomik etkileri inceleyen anket çalışması sonuçlarına göre kuşların neden olduğu yem kaybı inek başına ortalama 55 dolar olarak raporlanmış ve bu kaybın eyalet genelindeki yıllık toplam maliyeti Batı Washington'da 5,5 milyon dolar, Doğu

Washington'da ise 9,2 milyon dolar olarak tahmin edilmiştir. En yaygın kullanılan kontrol yöntemi avcılık olup, en çok zarar veren türün Avrupa sığırcığı (*Sturnus vulgaris*) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, günlük 10.000'den fazla kuş varlığının, büyük sürü boyutları ve işletmelerde Johne hastalığı ile *Salmonella*'nın bildirilen varlığı ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar, kuş varlığının kontrol altına alınamamasının, patojen yayılımı, hayvan refahı, işletme sürdürülebilirliği ve ekonomisi açısından ciddi bir risk oluşturduğunu göstermektedir.

2.2. Karasinek Kaynaklı Sorunlar

Karasinekler (*Musca domestica*), büyükbaş hayvancılık işletmelerinde en yaygın görülen ektoparazitlerden biri olup; yüksek üreme potansiyelleri, hızlı adaptasyonları ve patojen taşıma kapasiteleri nedeniyle ciddi sağlık ve hijyen sorunlarına yol açmaktadırlar. Karasinekler ile ilgili çalışmalarda elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Renčínová ve ark. (2021) tarafından bir süt sığırcılığı işletmesinde yürütülen gözlemsel çalışmada, sağım ünitesindeki sinek ve böcek popülasyonunun artışıyla birlikte ineklerde tekmeleme ve dışkılama davranışlarının sıklığı, bunun sonucunda süt veriminin azaldığı ve mastitis görülme riskinin yükseldiği rapor edilmiştir. Woolley ve ark. (2018), zararlı sinek popülasyonunun kontrol altına alınmasının hayvanların otlama sürelerinde anlamlı bir artış sağladığını ortaya koymuştur. Eicher ve ark. (2001) ise kuyruklu kesilmiş ineklerde, ortamda sinek yoğunluğunun artmasıyla kaçınma davranışları ve arka bacak hareketlerinin belirgin şekilde arttığını bildirmiştir. Jonsson ve Mayer (1999), inek başına düşen 30 sineğin süt verimliliğini etkilemediğini, ancak bu sayının 200 boynuz sineğine (*Haematobia irritans*) ulaştığında günlük yaklaşık 0.50 kg süt kaybına yol açabileceğini göstermiştir. Smith ve ark. (2022), sineklerin yalnızca süt üretimini değil, aynı zamanda sığır eti üretimini de olumsuz etkilediğini; savunma davranışları ve yem verimliliğindeki düşüş nedeniyle meydana gelen ekonomik kayıpların dikkate alınması gerektiğini, ayrıca hayvansal üretimde sinek yönetimi konusundaki araştırma eksikliğine dikkat çekmiştir. Mullens ve ark. (2017) ise sığırların sineklere karşı baş sallama, vurma, bacak hareketleri, panik refleksi ve kuyruk sallama gibi çeşitli savunma davranışları sergilediğini rapor etmiştir.

Mevcut literatür, zararlı sinek ve böceklerin süt ve et sığırlarında çeşitli davranışsal değişikliklere neden olarak hayvan refahını olumsuz etkilediğini, aynı zamanda süt verimi ile yemden yararlanma etkinliğini azalttığını göstermektedir. Dolayısıyla, sineklerin etkin biçimde kontrol edilmesi ve yönetilmesi hem hayvan sağlığının korunması hem de sürdürülebilir hayvansal üretimin devamlılığı açısından stratejik bir öneme sahiptir.

2.3. Karasineklerin Patojen ve Antimikrobiyal Direnç Taşıyıcılığına Dair Çalışmalar

Neupane ve ark. (2019), ticari bir besi işletmesinde karasineklerin *Mannheimia haemolytica* (%11,7), *Pasteurella multocida* (%5,0) ve *Histophilus somni* (%3,3) gibi sığır solunum yolu hastalığı (BRD) etkenlerini taşıdığını belirlemiş ve bu bulgular, karasineklerin söz konusu patojenlerin yayılımında mekanik vektör olarak rol üstlenebileceğini ortaya koymuştur. Bakry ve ark. (2022), yenidoğan buzağılarda ishale neden olan çoklu ilaç dirençli (MDR) *E. coli* suşlarının hem sütte hem de karasineklerde bulunduğunu, karasineklerin ise bu dirençli patojenlerin yayılımında potansiyel bir vektör olabileceğini ortaya koymuştur. Shimizu ve ark. (2023), paravaksivirüs (PPV) ve sığır lösemi virüsü (BLV) ile ilişkili bulaşma risklerini incelemiş; karasineklerde ve dışkılarında PPV DNA'sı, stabil sineklerde ise BLV DNA'sı saptamışlardır. Bu bulgular, sineklerin viral hastalıkların mekanik yayılımında potansiyel bir vektör olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, sineklerle mücadelede kullanılan çeşitli kimyasal ve materyallerin etkinliği de değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Karasineklerin Patojen ve Antimikrobiyal Direnç Taşıyıcılığına Dair Çalışmalar

Konu Başlığı	Bulgular	Kaynaklar
Bakteriyel Yayılım (BRD etkenleri)	BRD ajanlarının karasineklerde tespiti (<i>M. haemolytica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>H. somni</i>)	Neupane ve ark. (2019)
MDR <i>E. coli</i>	Yenidoğan buzağı ve karasinek kaynaklı MDR <i>E. coli</i> suşları – ortam ve süt ilişkisi	Bakry ve ark. (2022)
Viral Yayılım Riski	PPV ve BLV DNA varlığı; kontrol yöntemlerinin değerlendirilmesi	Shimizu ve ark. (2023)

Çalışmalar, karasineklerin büyükbaş hayvancılık işletmelerinde önemli patojenik bakteri ve viral etkenlerin potansiyel taşıyıcıları olduğunu ortaya

koymaktadır. Bulgular, karasineklerin yalnızca solunum sistemi hastalıklarına neden olabilen bakterileri değil, aynı zamanda çoklu ilaç dirençli (MDR) E. coli suşlarını ve belirli viral ajanları da yayılım riski taşıdığını göstermektedir. Ayrıca, bu vektörlerin kontrol altına alınabilmesi için etkin biyogüvenlik önlemleri, uygun kimyasal uygulamalar ve hijyen stratejilerinin zorunlu olduğu vurgulanmaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde sürdürülebilir üretimin devamlılığı, hijyen koşullarının korunması, hayvan sağlığının gözetilmesi ve verimliliğin artırılması ile doğrudan ilişkilidir. Ancak bu işletmelerde sıkça karşılaşılan kuş ve karasinek istilaları, hem hayvan refahını olumsuz yönde etkilemekte hem de ürün kalitesi ile işletme ekonomisi üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Kuşların yem ve su kaynaklarına bulaş yoluyla hastalık taşıyıcı rol üstlenmeleri, karasineklerin ise patojen mikroorganizmaların yayılımında aracılık etmeleri ve hızla çoğalma potansiyeline sahip olmaları bu sorunu daha da kritik hale getirmektedir.

Dolayısıyla, söz konusu problemin yalnızca biyogüvenlik ve hayvan sağlığı açısından değil, aynı zamanda işletme hijyeni ve ekonomik sürdürülebilirlik boyutuyla da ele alınması gerekmektedir. Kuş ve karasinek kaynaklı hastalıkların işletme ekonomisine verebileceği zararların küçümsenmemesi, yetiştiricilerin bu konuda gerekli önlemleri almalarını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda, özellikle kuşların giriş yollarının engellenmesi, gübre temizliğinin düzenli şekilde yapılması, karasineklerle mücadele için tuzakların kurulması ve zararsız ilaçlama yöntemlerinin uygulanması ile yemlerin kapalı ve uygun koşullarda muhafaza edilmesi, hastalık riskinin azaltılmasında kritik öneme sahiptir. Ayrıca biyogüvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi, yetiştiricilerin düzenli eğitim ve bilgilendirmelerle desteklenmesi sayesinde kuş ve karasinek sorunları kontrol altına alınarak olası verim kayıpları ve tedavi maliyetlerinin önüne geçilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Adams-Progar, A., Steensma, K., Shwiff, S., Elser, J., Kerr, S., & Caskin, T. (2020). Understanding and preventing bird damage on dairies. In Proceedings of the Vertebrate Pest Conference (Vol. 29, No. 29).
- Anonim. (2025). Bird Flu on Dairy Farms May Be Airborne After All. İnternet Erişimi: <https://www.scientificamerican.com/article/bird-flu-could-be-spreading-through-the-air-on-dairy-farms-preliminary-study/> Erişim Tarihi: 30.08.2025
- Bakry, N., Awad, W., Ahmed, S., & Kamel, M. (2022). The role of *Musca domestica* and milk in transmitting pathogenic multidrug-resistant *Escherichia coli* and associated phylogroups to neonatal calves. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(26), 39593-39609.
- Byford, R. L., Craig, M. E., & Crosby, B. L. (1992). A review of ectoparasites and their effect on cattle production. *Journal of animal science*, 70(2), 597-602.
- Denning, S. S., Washburn, S. P., & Watson, D. W. (2014). Development of a novel walk-through fly trap for the control of horn flies and other pests on pastured dairy cows. *Journal of dairy science*, 97(7), 4624-4631.
- Dougherty, C. T., Knapp, F. W., Burrus, P. B., Willis, D. C., Cornelius, P. L., & Bradley, N. W. (1993). Multiple releases of stable flies (*Stomoxys calcitrans* L.) and behaviour of grazing beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 38(3-4), 191-212.
- Eicher, S. D., Morrow-Tesch, J. L., Albright, J. L., & Williams, R. E. (2001). Tail-docking alters fly numbers, fly-avoidance behaviors, and cleanliness, but not physiological measures. *Journal of Dairy Science*, 84(8), 1822-1828.
- Elser, J. L., Adams Progar, A. L., Steensma, K. M., Caskin, T. P., Kerr, S. R., & Shwiff, S. A. (2019). Economic and livestock health impacts of birds

- on dairies: Evidence from a survey of Washington dairy operators. *Plos one*, 14(9), e0222398.
- Eto, T., Yara, T., Namihira, T., & Imura, Y. (2025). Species and behavioral patterns of wild birds invading a cow barn in the subtropical region: a case study in the central region of Okinawa-jima Island, Japan. *Applied Animal Behaviour Science*, 106772. (In press)
- Jonsson, N. N., & Mayer, D. G. (1999). Estimation of the effects of buffalo fly (*Haematobia irritans exigua*) on the milk production of dairy cattle based on a meta-analysis of literature data. *Medical and Veterinary Entomology*, 13(4), 372-376.
- Karmacharya, D., Herrero-García, G., Luitel, B., Rajbhandari, R., & Balseiro, A. (2024). Shared infections at the wildlife–livestock interface and their impact on public health, economy, and biodiversity. *Animal Frontiers*, 14(1), 20-29.
- Lichtenwalter, C., Steensma, K., Marcondes, M., Taylor, K., McConnel, C., & Adams Progar, A. (2023). Seasonal Use of Dairies as Overnight Roosts by Common Starlings (*Sturnus vulgaris*). *Birds*, 4(2), 213-224.
- Medhanie, G. A., Pearl, D. L., McEwen, S. A., Guerin, M. T., Jardine, C. M., & LeJeune, J. T. (2015). Dairy cattle management factors that influence on-farm density of European starlings in Ohio, 2007–2009. *Preventive Veterinary Medicine*, 120(2), 162-168.
- Mullens, B. A., Watson, D. W., Gerry, A. C., Sandelin, B. A., Soto, D., Rawls, D., ... & Cammack, J. (2017). Field trials of fatty acids and geraniol applied to cattle for suppression of horn flies, *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae), with observations on fly defensive behaviors. *Veterinary Parasitology*, 245, 14-28.
- Neupane, S., Nayduch, D., & Zurek, L. (2019). House flies (*Musca domestica*) pose a risk of carriage and transmission of bacterial pathogens associated with bovine respiratory disease (BRD). *Insects*, 10(10), 358.

- Renčínová, V., Voslářová, E., Bedáňová, I., & Večerek, V. (2021). Pest flies on dairy farms affect behaviour and welfare of dairy cows during summer season. *Acta Veterinaria Brno*, 90(3), 255-262.
- Shimizu, K., Okada, A., & Inoshima, Y. (2023). Measures to control adult houseflies (*Musca domestica*) and stable flies (*Stomoxys calcitrans*) to prevent the spread of viral diseases in cattle barns.
- Shwiff, S. A., Carlson, J. C., Glass, J. H., Suckow, J., Lowney, M. S., Moxcey, K. M., ... & Linz, G. M. (2012). Producer survey of bird-livestock interactions in commercial dairies. *Journal of dairy science*, 95(11), 6820-6829.
- Smith, K. V., DeLong, K. L., Boyer, C. N., Thompson, J. M., Lenhart, S. M., Strickland, W. C., ... & Trout Fryxell, R. T. (2022). A call for the development of a sustainable pest management program for the economically important pest flies of livestock: a beef cattle perspective. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1), 14.
- Taylor, D. B., Moon, R. D., & Mark, D. R. (2012). Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *Journal of Medical Entomology*, 49(1), 198-209.
- Tormoehlen, K., Johnson-Walker, Y. J., Lankau, E. W., San Myint, M., & Herrmann, J. A. (2019). Considerations for studying transmission of antimicrobial resistant enteric bacteria between wild birds and the environment on intensive dairy and beef cattle operations. *PeerJ*, 7, e6460.
- Turan, M., Şireli, H. D., Tatar, A. M., & Bülbüller, F., (2023). Importance of biosafety practices in cattle and ovine farms. *International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies-IV* (pp.1574-1581). Girne, Cyprus (Kkct).
- Woolley, C. E., Lachance, S., DeVries, T. J., & Bergeron, R. (2018). Behavioural and physiological responses to pest flies in pastured dairy

cows treated with a natural repellent. *Applied Animal Behaviour Science*, 207, 1-7.

BÖLÜM 9

AĞAÇ İŞLERİ SEKTÖRÜNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ENDÜSTRİYEL İNOVASYON

Dr. Öğr. Üyesi Kenan KILIÇ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161536>

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu , Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Programı, Yozgat, Türkiye. kenan.kilic@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-1607-9545

1. GİRİŞ

Ağaç işleri endüstrisi, doğadan elde edilen en eski yapı ve üretim malzemelerinden biri olan ahşabın; kesim, şekillendirme, birleştirme ve yüzey işlemleri gibi çeşitli aşamalardan geçirilerek işlenmesini kapsamaktadır. Bu sektör hem sürdürülebilir malzeme kullanımı hem de estetik, fonksiyonel ürün üretimi açısından modern sanayi içinde çok önemli bir yere sahiptir (Sharma ve Panwar, 2018). Ancak teknolojik ilerlemelere rağmen, ağaç işleri endüstrisinin birçok alanı hâlâ emek yoğun süreçlere dayalıdır. Bu durum hem verimlilik hem de kalite açısından çeşitli sınırlamaları beraberinde getirmektedir.

Son yıllarda sanayide dijital dönüşüm kavramı ile birlikte gelen Endüstri 4.0 yaklaşımı, üretim sistemlerinin otomasyonunu, veri odaklı karar verme süreçlerini ve yapay zekâ (YZ) destekli uygulamaları teşvik etmektedir. Özellikle YZ, büyük veri analizi, makine öğrenmesi ve görüntü işleme gibi teknolojilerle donatılmış sistemler sayesinde, ahşap işleme süreçleri daha verimli, güvenli ve sürdürülebilir hale gelmektedir (Ghobakhloo, 2018; Lee ve ark., 2015). Bu dönüşüm, sadece üretim hatlarını değil, kalite kontrol, bakım, sınıflandırma ve hata tespiti gibi alt süreçleri de etkilemektedir.

Ağaç işleri endüstrisinde karşılaşılan başlıca sorunlardan biri, doğal malzemenin heterojen yapısından kaynaklanan kalite dalgalanmalarıdır. Örneğin budaklar, çatlaklar, lif yönü bozuklukları ve reçine keseleri gibi yüzey kusurları, ürün kalitesini ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Geleneksel kalite kontrol yöntemleri genellikle operatör gözüne ve deneyimine dayalıdır. Bu da hata oranlarını artırmakta ve sübjektif değerlendirmelere yol açmaktadır. Bu noktada devreye giren YZ ve özellikle derin öğrenme tabanlı görüntü işleme teknikleri, yüzey kusurlarının otomatik ve yüksek doğrulukla tespit edilmesini mümkün kılmaktadır (Yang ve ark., 2021; Wang ve ark., 2019).

Ayrıca, üretim hattının tüm bileşenlerini kapsayan siber-fiziksel sistemler, sensörler ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojileriyle birlikte, gerçek zamanlı veri akışı sağlayarak süreç optimizasyonuna katkı sunmaktadır (Lee ve ark., 2015). Bu bağlamda, ahşap endüstrisinin dijital dönüşümü yalnızca otomasyonu değil; akıllı karar alma, hata önleme, kestirimci bakım ve müşteri taleplerine özel üretim gibi yeni olanakları da beraberinde getirmektedir (Liao ve ark., 2017).

Bu kitap bölümü, ağaç işleri endüstrisinin dijitalleşme sürecinde YZ'nın sunduğu olanakları ayrıntılı biçimde ele almayı amaçlamaktadır. Öncelikle

dijital dönüşümün sektördeki etkisi incelenecek, ardından YZ teknolojilerinin temel bileşenleri ve uygulama alanları aktarılacaktır. Kalite kontrol, malzeme sınıflandırma, süreç iyileştirme ve kestirimci bakım gibi uygulamalar örneklerle açıklanacak, son olarak da karşılaşılan zorluklar ve geleceğe yönelik öneriler değerlendirilecektir.

2. AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİSİNİN DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ

Ağaç işleme endüstrisi, geleneksel el işçiliği ve mekanik makinelerle yürütülen üretim yöntemlerinden, dijital teknolojilerin hâkim olduğu ileri üretim sistemlerine doğru kapsamlı bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu değişim yalnızca üretim süreçlerinde verimliliği artırmakla kalmamakta, aynı zamanda sürdürülebilirlik, kalite kontrol ve kaynak yönetimi açısından da önemli kazanımlar sunmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında gelişen teknolojiler, ahşap işleme sektörü gibi geleneksel yapılı endüstrileri yeniden şekillendirmektedir (Ghobakhloo, 2018).

Bu dönüşüm; siber-fiziksel sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ (AI), bulut bilişim ve dijital ikiz teknolojilerinin entegre edilmesiyle daha bütüncül bir hâl almıştır (Liao ve ark., 2017). Özellikle üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesi sayesinde, kaynak kullanımı daha optimize hâle gelmekte, bakım-onarım maliyetleri düşmekte ve ürün kalitesinde iyileştirmeler sağlanmaktadır.

2.1. Endüstri 4.0'ın Ahşap İşleme Endüstrisine Etkileri

Endüstri 4.0 kavramı, ilk olarak Almanya'da ortaya atılmış ve üretim sektörlerinde dijitalleşme yoluyla verimliliği, esnekliği ve kaliteyi artırmayı amaçlayan bir paradigma olarak tanımlanmıştır (Lee ve ark., 2015). Ahşap işleme sektörü de bu teknolojik dönüşümden büyük ölçüde etkilenmiştir. Otomasyon, sensör entegrasyonu ve veri analitiği sayesinde üretim hatları daha esnek ve öngörülebilir hale gelmiştir.

Örneğin, üretim hattında kullanılan makineler artık IoT tabanlı sensörlerle donatılmakta ve bu sensörler aracılığıyla sıcaklık, titreşim, nem gibi kritik veriler anlık olarak toplanmaktadır. Bu veriler, bulut sistemine aktarılır ve YZ algoritmaları sayesinde olası arızalar önceden tahmin edilerek bakım faaliyetleri planlanabilir hâle gelir (Nof, 2014). Bu yaklaşım, kestirimci bakım (predictive maintenance) adı verilen yeni bir üretim felsefesini mümkün kılmaktadır.

Siber-fiziksel sistemler sayesinde, fiziksel üretim araçları ile dijital kontrol sistemleri arasında çift yönlü bir iletişim sağlanmakta, bu sayede sistemler çevresel değişkenlere dinamik olarak tepki verebilmektedir (Lee ve ark., 2015). Böylece hata oranları düşerken üretim esnekliği artmakta, özelleştirilmiş üretim talebi daha kolay karşılanabilmektedir.

2.2. Dijitalleşmenin İş Gücüne ve Üretim Dinamiklerine Etkisi

Ahşap işleme endüstrisinde dijital dönüşüm, yalnızca makineleri ve sistemleri değil, aynı zamanda insan kaynağını da yeniden tanımlamaktadır. Geleneksel anlamda ustalık gerektiren pek çok işlem artık otomasyon yoluyla gerçekleştirilmekte, bu da iş gücünün niteliğinde değişiklikler gerektirmektedir.

Çalışanlar artık manuel operatörlük yerine; üretim süreçlerini izleyen, makinelerin parametrelerini yöneten ve sistem hatalarını teşhis edebilen teknisyenler olarak konumlanmaktadır. Bu durum, mesleki eğitimin içeriğini dönüştürmekte, yazılım, veri analitiği ve dijital sistem yönetimi gibi alanlarda yetkinlik kazanmayı zorunlu kılmaktadır (Ghobakhloo, 2018).

Ayrıca dijital ikiz (digital twin) teknolojisiyle üretim süreci, dijital ortamda birebir simüle edilerek potansiyel sorunlar üretim öncesinde tespit edilebilmektedir. Bu da hem zaman hem de maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Dijital ikiz kullanımı, özellikle prototip üretim ve tasarım süreçlerinde hata oranlarını büyük ölçüde azaltmaktadır.

2.3. Verimlilik, Sürdürülebilirlik ve Enerji Yönetimi

Dijital teknolojilerin entegrasyonu, yalnızca verimlilik artışıyla sınırlı kalmayıp, sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşmada da kritik rol oynamaktadır. Özellikle kaynak kullanımını optimize eden sistemler sayesinde enerji tüketimi azaltılmakta ve üretim süreçlerinde oluşan atık miktarı kontrol altında tutulmaktadır.

Büyük veri analitiği kullanılarak üretim hattından elde edilen veriler; enerji verimliliği, makine performansı ve malzeme kullanımı gibi alanlarda analiz edilerek sürekli iyileştirme döngüsü başlatılabilir (Wolfert ve ark., 2017). Örneğin, üretim süreci boyunca belirli makinelerdeki enerji tüketim profilleri analiz edilerek, belirli saatlerdeki gereksiz tüketim azaltılabilir.

Sharma ve Panwar (2018), ahşap işleme süreçlerinde çevreye duyarlı teknolojilerin kullanımının hızla arttığını ve özellikle düşük emisyonlu

makinelerin ve enerji tasarruflu sistemlerin sektörde giderek daha fazla benimsendiğini belirtmektedir. Sürdürülebilirlik artık yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4. Uygulama Örnekleri ve Pratik Kazanımlar

Gelişmiş üretim tesislerinde, üretim yönetim sistemleri (MES), robotik sistemler ve YZ destekli kontrol panelleri entegre edilerek “akıllı fabrika” konsepti uygulanmaya başlanmıştır. Bu fabrikalarda sistemler arası iletişim (machine-to-machine, M2M) sayesinde üretim otomatik olarak optimize edilmekte ve arızalara gerçek zamanlı müdahale edilmektedir.

Örneğin, İskandinav ülkelerinde faaliyet gösteren bir mobilya üreticisi, otomasyon ve sensör sistemlerini entegre ederek üretim sürecini %20 hızlandırırken, malzeme israfını %35 azaltmaktadır. Benzer şekilde, Almanya’da faaliyet gösteren bir parke üretim tesisinde lazer tabanlı kesim sistemlerinin uygulanmasıyla birlikte kalite kontrol süreci tamamen otomatikleşmiş ve hata oranı %40 azalmıştır (Lee ve ark., 2015).

Bu sistemlerin en büyük avantajı, müşteri odaklı üretimin kolaylaştırılmasıdır. Kişiselleştirilmiş ürün talepleri, esnek üretim hatları sayesinde çok daha kısa sürelerde ve daha düşük maliyetlerle karşılanabilmektedir. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği açısından da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. İnsan-makine etkileşimini minimuma indiren sistemler, operatörlerin riskli alanlardan uzak tutulmasına yardımcı olmaktadır.

3. YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİNİN TEMELLERİ VE AHŞAP ENDÜSTRİSİNE UYGULAMALARI

Yapay zekâ, günümüzde üretim sistemlerinin en önemli dönüştürücü güçlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Ahşap işleme endüstrisi gibi geleneksel üretim alanlarında, YZ tekniklerinin entegrasyonu üretim verimliliğini artırmak, kaliteyi iyileştirmek ve sürdürülebilirliği desteklemek için kritik bir rol oynamaktadır (LeCun ve ark., 2015). Bu bölümde, YZ’nin temel kavramları, ahşap endüstrisine özgü uygulamaları, avantajları, sınırlamaları ve geleceğe yönelik öneriler detaylı şekilde ele alınacaktır.

3.1. Yapay Zekânın Temel Kavramları

Yapay zekâ, makinelerin insan benzeri düşünme, öğrenme ve karar verme yeteneklerini kazandırmak için geliştirilen algoritmalar bütünüdür.

Makine öğrenmesi (Machine Learning-ML) ve derin öğrenme (Deep Learning-DL), YZ'nin temel taşlarıdır. Makine öğrenmesi, veriden öğrenerek model oluşturmayı mümkün kılar; derin öğrenme ise çok katmanlı yapay sinir ağları ile karmaşık veri ilişkilerini anlamada etkilidir (LeCun ve ark., 2015).

Ahşap işleme sektöründe özellikle görüntü işleme (computer vision) teknikleri önemli yer tutmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN) gibi derin öğrenme algoritmaları, yüzey kusurlarının ve malzeme sınıflandırmasının otomatik tespiti için yaygın şekilde kullanılmaktadır (Wang ve ark., 2019).

3.2. Ahşap Endüstrisinde Yapay Zekâ Uygulamaları

Ahşap işleme süreçlerinde YZ uygulamaları, kalite kontrol, süreç optimizasyonu, malzeme sınıflandırma ve kestirimci bakım gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır.

3.2.1. Otomatik kalite kontrol

Ahşap yüzeyindeki çatlak, budak ve çizik gibi kusurlar, geleneksel yöntemlerde genellikle insan gözüyle tespit edilirken, YZ tabanlı görüntü işleme sistemleri bu süreci daha hızlı ve yüksek doğrulukla gerçekleştirebilmektedir (Zheng ve ark., 2024). CNN algoritmalarıyla donatılmış sistemler, üretim hattında anlık kalite analizi yaparak kusurlu ürünlerin ayrıştırılmasını otomatikleştirir. Bu sayede hatalı ürün oranı azalır ve müşteri memnuniyeti artar.

3.2.2. Süreç optimizasyonu ve kestirimci bakım

Makine öğrenmesi algoritmaları, üretim verilerinin analizinde kullanılarak makinelerin çalışma performansını izler ve olası arızaları önceden tahmin eder (Lee ve ark., 2015). Bu kestirimci bakım yaklaşımı, plansız üretim duruşlarını önemli ölçüde azaltır, bakım maliyetlerini düşürür ve sistem verimliliğini artırır.

3.2.3. Malzeme sınıflandırma

Ahşap türleri ve kalite sınıflandırması, ürünlerin nihai kullanım kalitesini doğrudan etkiler. YZ yöntemleri, farklı ağaç türlerini ve kalite seviyelerini otomatik olarak sınıflandırarak doğru malzeme kullanımını sağlar ve kaynak israfını önlemektedir (Sharma ve Panwar, 2018).

3.3. Yapay Zekâ Uygulamalarının Avantajları

Verimlilik Artışı: Otomatik sistemler, üretim süreçlerindeki insan kaynaklı hataları azaltır ve iş hızını artırmaktadır.

Kalite İyileştirme: YZ tabanlı kalite kontrol, kusurların erken tespiti ve ayrıştırılmasıyla ürün kalitesinin sürekli iyileştirilmesini sağlamaktadır (Wang ve ark., 2019).

Maliyet Azaltma: Kestirimci bakım sayesinde plansız duruşlar ve bakım maliyetleri azalmaktadır. Ayrıca malzeme israfı minimuma inmektedir.

Sürdürülebilirlik: Enerji ve hammadde kullanımında optimizasyon sağlar, çevresel etkileri azaltmaktadır (Wolfert ve ark., 2017).

Esneklik: Müşteri taleplerine göre üretimin hızlı şekilde adapte edilmesini mümkün kılmaktadır.

3.4. Sınırlamalar ve Zorluklar

Yüksek Başlangıç Maliyetleri: YZ sistemlerinin kurulumu, sensör ve donanım yatırımları başlangıçta yüksek maliyet gerektirmektedir (Ghobakhloo, 2018).

Veri Kalitesi ve Miktarı: YZ algoritmalarının başarılı olması için büyük ve kaliteli veri setlerine ihtiyaç vardır. Ahşap gibi doğal malzemelerde varyasyonlar veri toplama ve etiketlemede zorluk çıkarabilir.

Uzmanlık Gereksinimi: YZ sistemlerinin geliştirilmesi, uygulanması ve bakımı için teknik uzmanlık gereklidir. Bu, mevcut iş gücünün yeniden eğitilmesini zorunlu kılmaktadır (Liao ve ark., 2017).

Algoritmik Hatalar ve Yanıltıcı Sonuçlar: Kusur tespiti veya sınıflandırmada hatalar olabilir, bu da kalite kontrol sürecinde sorun yaratabilir.

Siber Güvenlik: Dijitalleşen üretim ortamları, siber saldırılara karşı savunmasız hale gelebilir.

3.5. Geleceğe Yönelik Öneriler

Veri Toplama ve Yönetim Altyapısının Geliştirilmesi: Ahşap sektörüne özgü, standartlaştırılmış veri toplama protokolleri oluşturulmalıdır. Veri kalitesinin artırılması için otomatik etiketleme ve doğrulama sistemleri geliştirilebilir.

Çalışanların Eğitimi: Dijital becerilerin artırılması için sürekli eğitim programları oluşturulmalı, YZ sistemlerine adaptasyon kolaylaştırılmalıdır.

Maliyet Etkin Teknolojilerin Geliştirilmesi: Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygun maliyetli YZ çözümleri araştırılmalı ve uygulanmalıdır.

Algoritmaların Yerel Koşullara Uyarlanması: Ahşap malzemenin doğal varyasyonları göz önünde bulundurularak, bölgesel özelliklere göre özelleştirilmiş modeller geliştirilmelidir.

Siber Güvenlik Önlemlerinin Güçlendirilmesi: Dijital fabrikalarda veri güvenliği için kapsamlı siber güvenlik protokolleri ve sistemleri kurulmalıdır.

4. KALİTE KONTROL VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

Ahşap işleme endüstrisinde kalite kontrol, ürünlerin kullanım ömrü, dayanıklılığı ve estetik açıdan istenen standartlara uygunluğunu sağlamak için kritik bir aşamadır. Geleneksel yöntemler genellikle manuel ve görsel muayeneye dayalıdır; bu da zaman alıcı, hata yapmaya açık ve subjektif sonuçlar doğurabilir. Dijitalleşme ve YZ destekli görüntü işleme teknikleri, kalite kontrol süreçlerinde büyük bir dönüşüm yaratarak daha hızlı, daha doğru ve tutarlı değerlendirmeler yapılmasını mümkün kılmaktadır (Wang ve ark., 2019).

4.1. Görüntü İşlemenin Ahşap Endüstrisindeki Önemi

Görüntü işleme, ham veya işlenmiş ahşap ürünlerin yüzeyindeki kusurların, çatlakların, budakların, renk değişimlerinin ve diğer deformasyonların otomatik olarak tespiti için kullanılan bir tekniktir. Bu teknoloji sayesinde insan faktörüne bağlı gözlemden kaynaklanan subjektiflik ortadan kalkar ve kalite kontrol süreci hızlanmaktadır. Ayrıca, yüksek hacimli üretimlerde kaliteyi standart tutmak ve üretim hattında anlık müdahaleler yapmak mümkün olmaktadır (Yang ve ark., 2021).

Ahşap yüzeylerinde bulunan kusurlar genellikle heterojen ve karmaşık yapılar içerdiğinden, görüntü işleme sistemlerinin bu çeşitliliğe uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanması gerekir. Işık koşulları, ahşabın doğal renk farklılıkları ve yüzey dokusu gibi faktörler, görüntü analizi için zorluklar oluşturabilir. Bu nedenle gelişmiş algoritmalar ve YZ destekli modellemeler kritik önem taşımaktadır.

4.2. Yapay Zekâ Destekli Görüntü İşleme Yöntemleri

Son yıllarda derin öğrenme tabanlı yöntemler, özellikle Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN), ahşap yüzeyindeki kusurların tespiti ve sınıflandırılmasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. CNN modelleri, ham görüntülerdeki karmaşık desenleri öğrenerek yüksek doğrulukla anormallikleri ayırt edebilmektedir (Wang ve ark., 2019).

Örneğin, Wang ve ark. (2019) çalışmalarında, derin öğrenme tabanlı bir sistem kullanarak ahşap yüzey kusurlarının %92 gibi yüksek doğrulukla tespitini gerçekleştirmişlerdir. Bu sistem, farklı ışıklandırma koşulları altında bile tutarlı sonuçlar vermiş ve üretim hatlarında anlık kalite kontrolü için uygundur.

Bunun yanı sıra, görüntü segmentasyonu teknikleriyle kusurların yerleri ve boyutları belirlenerek, hasarın üretim sürecinde hangi aşamada oluştuğu tespit edilebilmekte ve süreç iyileştirmeye yönelik veriler sağlanmaktadır (Yang ve ark., 2021).

4.3. Kalite Kontrolde Kullanılan Görüntü İşleme Teknolojileri

Klasik Görüntü İşleme Teknikleri: Kenar tespiti, eşikleme, morfolojik işlemler gibi algoritmalar kullanılarak yüzey kusurları ayrıştırılabilir. Ancak bu yöntemler genellikle ışık değişikliklerine ve yüzey karmaşıklığına karşı hassastır (Sharma ve Panwar, 2018).

Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme: YZ algoritmaları, özellikle CNN'ler, otomatik özellik çıkarımı ve sınıflandırma yapabilir. Bu yöntemler yüksek doğruluk ve esneklik sağlar (LeCun ve ark., 2015).

Termal ve 3D Görüntüleme: Yüzeydeki derin çatlaklar veya iç kusurlar termal kamera ve 3D tarayıcılarla tespit edilerek daha kapsamlı bir kalite kontrol süreci oluşturulur (Sharma ve Panwar, 2018).

4.4. Kalite Kontrol Sürecinde Avantajlar

Yüksek Doğruluk ve Tekrar Edilebilirlik: İnsan gözüyle yapılan kontrolden daha az hata payı vardır ve sonuçlar standarttır.

Zaman Tasarrufu: Otomatik sistemler sayesinde üretim hattında anlık kontrol yapılabilir.

Maliyet Etkinlik: Hatalı ürünlerin erken tespiti, üretim israfını ve müşteri iade maliyetlerini azaltır.

Veri Tabanlı İyileştirme: Toplanan verilerle süreç analizleri yapılabilir, kalite yönetimi iyileştirilebilir (Wolfert ve ark., 2017).

4.5. Karşılaşılan Zorluklar

Çevresel Koşulların Etkisi: Işıklandırma ve toz gibi üretim ortamı koşulları görüntü kalitesini düşürebilir.

Ahşabın Doğal Varyasyonları: Her ağaç türü ve hatta aynı tür içindeki ürünlerde bile yüzey özellikleri farklıdır. Bu da model geliştirmede karmaşıklık yaratır.

Donanım ve Yazılım Maliyetleri: Yüksek çözünürlüklü kameralar ve gelişmiş işlemciler başlangıç maliyetlerini artırabilir.

Veri İhtiyacı: Derin öğrenme yöntemleri büyük, iyi etiketlenmiş veri setlerine ihtiyaç duyar (Liao ve ark., 2017).

4.6. Gelecek Trendler ve Öneriler

Kalite kontrol süreçlerinde hibrit yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Klasik görüntü işleme teknikleri ile derin öğrenme algoritmaları kombine edilerek, hem hız hem de doğruluk artırılmaktadır. Ayrıca, uçtan uca otomatik kalite kontrol sistemlerinin IoT ve bulut teknolojileriyle entegrasyonu, verinin gerçek zamanlı analizi ve uzaktan izlenmesini sağlamaktadır (Lee ve ark., 2015). Ahşap işleme sektöründe kalite kontrol için önerilen gelecekteki gelişmeler şunlardır:

Özelleştirilmiş Derin Öğrenme Modelleri: Ahşabın doğal varyasyonlarına uyum sağlayabilen, bölgesel ve ürün bazlı modeller geliştirilmelidir.

Veri Paylaşım Platformları: Farklı firmaların ve araştırma kurumlarının veri paylaşımı yaparak büyük veri havuzları oluşturmaları, modellerin eğitimini iyileştirecektir.

Donanım Maliyetlerinin Düşürülmesi: Ucuz ve yüksek performanslı görüntüleme sensörleri üzerinde AR-GE çalışmaları yapılmalıdır.

Çevresel Faktörlerin Yönetimi: Üretim ortamlarındaki ışık ve toz kontrolü için sensör destekli otomatik sistemler kurulmalıdır.

5. MALZEME SINIFLANDIRMA UYGULAMALARI VE KUSUR TESPİTİ

Ahşap işleme sektöründe malzeme sınıflandırması ve kusur tespiti, ürün kalitesinin güvence altına alınması, üretim verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından kritik bir yer tutar. Özellikle ahşap türlerinin doğru bir şekilde tanımlanması, üretim sürecinde hataların ve kaynak israfının önüne geçerken, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve yasa dışı odun ticaretinin engellenmesine katkı sağlar (Sharma ve Panwar, 2018). Ayrıca, üretim hattında kusurların doğru tespiti, müşteri memnuniyetini artırmakta ve uzun vadede maliyetlerin azaltılmasına olanak vermektedir (Wang ve ark., 2019).

5.1. Klasik Makine Öğrenmesi ve Özellik Tabanlı Sınıflandırma Yöntemleri

Malzeme sınıflandırmasında geleneksel olarak görüntülerden çıkarılan özelliklerin kullanıldığı klasik makine öğrenmesi teknikleri yaygındır. Bu yöntemlerde, renk histogramları, doku analizleri (Gray Level Co-occurrence Matrix – GLCM, Local Binary Patterns – LBP), şekil ve kenar profilleri gibi temel görsel özellikler öncelikle çıkarılmaktadır (Khan ve ark., 2020). Bu özellikler destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları, rastgele ormanlar ve k-en yakın komşu (k-NN) gibi algoritmalarla analiz edilerek ahşap türü veya kusurlu alanlar sınıflandırılmaktadır.

Örneğin, Sharma ve Panwar (2018) tarafından yapılan bir derlemede, klasik yöntemlerin özellikle düşük veri ve sınırlı hesaplama gücünün olduğu durumlarda etkili olduğu, ancak karmaşık desen ve kusurların tespitinde performans sınırları olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca bu yöntemlerin, uzman bilgisi gerektirmesi ve genel uygulamada farklı görevler için ayrı modellerin kullanılması, sistemlerin pratikte karmaşıklığını artırmaktadır.

5.2. Derin Öğrenme ile Tür Tanıma ve Kusur Tespiti

Son yıllarda, derin öğrenme yöntemleri, özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ahşap malzeme sınıflandırması ve kusur tespitinde çığır açmıştır. CNN'ler, ham görüntü verisinden otomatik ve çok katmanlı özellik çıkarımı yaparak, klasik yöntemlerin manuel işlem ihtiyacını ortadan kaldırmıştır (LeCun ve ark., 2015).

Zhao ve ark. (2021), mikroskobik odun kesitlerini işleyen PWoodIDNet modeli ile 16 farklı türü %99'a yakın doğrulukla sınıflandırmıştır. Model, overfitting'i önlemek için ağırlık düzenleme teknikleri kullanmış ve mikroskobik dokusal detayları başarıyla yakalamıştır.

Ahşap yüzey kusurlarının tespiti konusunda Wang ve ark. (2019), derin öğrenme yaklaşımlarının çizik, çatlak ve renk bozuklukları gibi kusurların tanımlanmasında etkili olduğunu göstermiştir. Yang ve ark. (2021) ise, konvolüsyonel sinir ağları kullanarak %92'nin üzerinde doğrulukla ahşap yüzey kusurlarını tespit etmiş, bu alandaki derin öğrenmenin gücünü ortaya koymaktadır.

Derin öğrenme modellerinin en önemli avantajlarından biri, büyük ve çeşitli veri setlerinde eğitildiklerinde ışıklandırma, açı ve ortam değişikliklerine karşı dayanıklı, yüksek genelleme kabiliyetine sahip olmalarıdır. Bununla birlikte, bu modellerin eğitim süreci için geniş etiketli veri setleri ve yüksek hesaplama gücü gereksinimleri, önemli bir engel olarak kalmaktadır.

5.3. Görüntü İşleme Teknikleri ile Kusur Tespiti

Ahşap kusur tespiti, üretim kalitesini sağlamak ve hatalı ürünlerin piyasaya çıkmasını önlemek için gereklidir. Bu amaçla farklı görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır:

Doku analizi: Ahşap kusurlarının karakteristik doku değişimleri, GLCM ve LBP gibi dokusal analiz yöntemleriyle tespit edilmektedir (Sharma ve Panwar, 2018).

Kenar algılama: Sobel ve Canny gibi kenar algılama algoritmaları, çatlak ve kırık sınırlarının belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Wang ve ark., 2019).

Segmentasyon yöntemleri: Derin öğrenmeye dayalı U-Net ve Mask R-CNN modelleri, kusur alanlarını pikseller seviyesinde yüksek hassasiyetle ayırmaktadır (Yang ve ark., 2021).

Bu teknikler, üretim hattında kusur tespit süreçlerini otomatikleştirir ve insan kaynaklı hataları önemli ölçüde azaltır. Ancak kusur çeşitliliği ve görsel farklılıklar model doğruluğunu etkileyebilir ve sürekli güncellenen veri setleri gerektirebilir.

5.4. Ensemble ve Hibrit Modeller

Birden fazla modelin birlikte kullanıldığı ensemble (topluluk) yöntemleri, sınıflandırma ve kusur tespitinde başarıyı artırmaktadır. He ve ark. (2021), birden fazla CNN modelinin kombinasyonu ile ahşap türlerini yüksek doğrulukla sınıflandırmıştır. Bu yöntemler, tek bir modele göre daha iyi genelleme kabiliyeti sağlar.

Nieradzic ve ark. (2023) tarafından geliştirilen WoodYOLO sistemi, mikroskobik ahşap liflerini tespit etmekte ve önceki modellere göre %12-13 oranında iyileşme sağlamıştır.

Öte yandan, açık-set (open-set) tanıma teknikleri, eğitim sırasında karşılaşılmayan yeni tür ve kusurların tespitini mümkün kılar. Fang ve ark. (2023), ResNet50 ve SVDD algoritmalarını birleştirerek, bilinmeyen türlerin de tanınmasını sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Bu yöntemler biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu alanlarda büyük önem taşımaktadır

5.5. Saha Uygulamaları ve Mobil Sistemler

XyloTron gibi mobil tanıma sistemleri, saha koşullarında hızlı ve güvenilir malzeme sınıflandırması ve kusur tespiti yapmaktadır (Zhao ve ark., 2021). Bu cihazlar, ormancılık uygulamalarında, yasa dışı odun ticaretinin önlenmesinde ve saha denetimlerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

Kim ve ark. (2024), Kore’de altı meşe türünü makroskobik görüntülerle %95’in üzerinde doğrulukla sınıflandırmış; saha koşullarına uygun, pratik ve erişilebilir sistemlerin geliştirilmesinin önemini vurgulamıştır.

5.6. Avantajlar, Zorluklar ve Gelecek Perspektifleri

Avantajlar:

Derin öğrenme ve ensemble yöntemleri, tür tanıma ve kusur tespitinde %98-99 oranında yüksek doğruluk sağlar (Zhao ve ark., 2021; He ve ark., 2021).

Otomasyon ve hızlı analiz imkânı sunar, insan kaynaklı hata ve yorulmayı azaltır.

Mobil sistemler saha dışı ortamlarda da kullanım kolaylığı sağlar.

Açıklanabilirlik teknikleri (ör. Grad-CAM), karar süreçlerinin şeffaflığını artırır (Zheng ve ark., 2024).

Zorluklar:

Derin öğrenme için büyük ve iyi etiketlenmiş veri setlerine ihtiyaç vardır.

Yüksek hesaplama gücü gerektirir; özellikle gerçek zamanlı uygulamalar için optimize donanım şarttır.

Eğitimde kullanılan tür ve kusur çeşitliliği sınırlı ise, gerçek dünya genellemesi zayıf olabilir.

Yüksek çözünürlüklü görüntüleme cihazları ve mobil çözümlerin maliyeti başlangıçta engel oluşturabilir.

Gelecek Perspektifleri:

Uluslararası veri havuzlarının oluşturulması ve standartlaştırılması, model genel performansını artıracaktır (Herrera-Poyatos ve ark., 2024).

Hibrit modeller, klasik ve derin öğrenme yöntemlerinin avantajlarını birleştirerek daha esnek çözümler sunabilir.

Açık-set tanıma algoritmalarının yaygınlaşması, bilinmeyen tür ve kusurların tespitini geliştirecektir (Fang ve ark., 2023).

Mobil cihazlar için hafif, enerji verimli modellerin geliştirilmesi saha uygulamalarını güçlendirecektir.

YZ açıklanabilirliği, kullanıcı güvenini artırmak için daha fazla önem kazanacaktır.

6. SÜREÇ OPTİMİZASYONU VE KESTİRİMCİ BAKIM

Ahşap işleme endüstrisinde üretim süreçlerinin verimliliğinin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi, süreç optimizasyonu ve kestirimci bakım uygulamalarının etkin şekilde kullanılmasına bağlıdır. Endüstri 4.0 teknolojileri ve YZ tabanlı çözümler, bu alanda devrim yaratmakta ve üretim hatlarında hem operasyonel hem de bakım maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir (Ghobakhloo, 2018)

6.1. Süreç Optimizasyonu

Süreç optimizasyonu, üretim hattındaki işlemlerin daha hızlı, daha az atıkla ve minimum enerji kullanımıyla gerçekleştirilmesini hedefler. Özellikle ahşap işleme gibi karmaşık ve çok aşamalı üretimlerde, dijital dönüşüm ile süreçlerin otomatik kontrolü sağlanabilmektedir (Lee ve ark., 2015).

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri, üretim sürecinde toplanan büyük veri setlerinden anlamlı örüntüleri keşfederek süreç parametrelerinin optimize edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, üretim hızının, kesme kalınlığının ve nem oranlarının gerçek zamanlı analizi ile kalite standartları sağlanırken enerji tüketimi minimize edilebilir (Liao ve ark., 2017).

Ayrıca, simülasyon tabanlı yaklaşımlar ve optimizasyon algoritmaları (genetik algoritmalar, kısıtlı optimizasyon yöntemleri) üretim planlamasında yaygın şekilde tercih edilmektedir. Bu teknikler, makine kapasitesi, işçilik ve hammadde gibi kaynakların etkin dağıtımını sağlar (Wolfert ve ark., 2017).

6.2. Kestirimci Bakım

Kestirimci bakım, makinelerin arızalanmadan önce performans düşüşlerini tespit ederek bakım planlarının önceden yapılmasını sağlar. Bu sayede plansız duruşlar önlenir ve bakım maliyetleri önemli ölçüde azaltılır (Wang ve ark., 2019).

Sensör teknolojileriyle toplanan titreşim, sıcaklık, akım gibi makine verileri, YZ algoritmaları ile analiz edilerek arıza modelleri çıkarılır. Özellikle makine öğrenmesi teknikleri (Random Forest, SVM) ve derin öğrenme tabanlı zaman serisi analizleri, bu alanda başarıyla uygulanmaktadır (Yang ve ark., 2021).

Örneğin, bir çalışmada derin sinir ağları kullanılarak test edilen bir ahşap işleme makinesinin titreşim verilerinden %95 üzeri doğrulukla arıza tahmini yapılmıştır (Sharma ve Panwar, 2018). Böylece hem bakım maliyetleri düşmekte hem de üretimde süreklilik sağlanmaktadır.

6.3. Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretim Entegrasyonu

Endüstri 4.0 paradigması, siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri analitiği sayesinde süreç optimizasyonu ve kestirimci bakım çözümlerini daha ileri seviyeye taşımaktadır (Ghobakhloo, 2018).

Bu teknolojiler, üretim hattındaki her ekipmanı sensörlerle donatarak gerçek zamanlı veri akışı sağlar. Veriye dayalı karar destek sistemleri ve otomatik kontrol mekanizmaları ile bakım aktiviteleri proaktif hale gelir ve üretim kesintileri minimuma iner (Lee ve ark., 2015).

Özellikle ahşap işleme makinelerinin dijital ikizleri (digital twin) oluşturularak simülasyon ve gerçek zamanlı kontrol entegre edilebilir. Böylece hem makine performansı optimize edilir hem de bakım gereksinimleri önceden tespit edilir (Liao ve ark., 2017).

6.4. Uygulama Örnekleri

Wang ve ark. (2019) tarafından geliştirilen sistem, ahşap işleme makinelerinin titreşim ve akım verilerini analiz ederek kestirimci bakım için

erken arıza uyarısı vermektedir. Bu sayede plan dışı duruşlar ve üretim kayıpları %20 oranında azalmıştır.

Yang ve ark. (2021) ise konvolüsyonel sinir ağlarıyla makine sensör verilerinden karmaşık arıza kalıplarını öğrenmiş ve bakım ihtiyacını %92 doğrulukla tahmin etmiştir.

Sharma ve Panwar (2018), sürdürülebilir ahşap işleme teknolojilerinde enerji verimliliği ve makine performansı optimizasyonu için makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımını vurgulamışlardır.

6.5. Avantajlar ve Zorluklar

Ahşap işleme endüstrisinde süreç optimizasyonu ve kestirimci bakım sistemlerinin uygulanması, üretim süreçlerine önemli katkılar sunmaktadır. Bu sistemlerin entegre edilmesiyle üretim hattında meydana gelen plansız duruşlar önemli ölçüde azalmakta, bu da hem bakım maliyetlerini düşürmekte hem de kaynak kullanımında daha yüksek verimlilik sağlamaktadır. Aynı zamanda, süreçlerin daha kontrollü ve öngörülebilir hale gelmesi sayesinde ürün kalitesinde artış sağlanmakta, bu da doğrudan müşteri memnuniyetine yansımaktadır. Ancak bu teknolojilerin uygulanması bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle büyük veri altyapısının kurulumu ve gelişmiş sensör sistemlerinin entegrasyonu yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Bunun yanı sıra, toplanan verilerin analiz edilmesi ve bu verilere uygun kestirimci modellerin geliştirilmesi, ileri düzeyde uzmanlık bilgisi gerektirmektedir. Ayrıca, bu sistemlerin işleyişi sırasında toplanan verilerin gizliliği ve güvenliği konuları da göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Tüm bu unsurlar, sürecin hem teknik hem de yönetsel boyutlarda dikkatli bir şekilde planlanmasını gerekli kılmaktadır.

6.6. Gelecek Perspektifleri

Süreç optimizasyonu ve kestirimci bakım alanında gelecekte YZ modellerinin daha otonom, esnek ve açıklanabilir hale gelmesi beklenmektedir. Özellikle transfer öğrenme ve federated learning gibi yöntemler sayesinde farklı fabrikalardan gelen verilerle daha kapsamlı modeller oluşturulacaktır (Khan ve ark., 2020).

Ayrıca, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) destekli bakım eğitimleri ve operatör destek sistemleri yaygınlaşacaktır. Bunlar sayesinde saha

personelinin karar destek sistemiyle etkileşimi artacak ve hatalar minimize edilecektir (LeCun ve ark., 2015).

7. AHŞAP MALZEME İŞLEME VE ÜRETİM SÜREÇLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI

Endüstri 4.0 kavramı, üretim süreçlerinde dijitalleşme, otomasyon, veri alışverişi ve akıllı teknolojilerin entegrasyonunu ifade eder. Ahşap malzeme işleme sektöründe Endüstri 4.0 uygulamaları, hem üretim verimliliğini artırmak hem de kalite kontrol süreçlerini optimize etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde, ahşap işleme ve üretim süreçlerinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı kapsamlı şekilde ele alınacaktır.

7.1. Akıllı Üretim Sistemleri

Akıllı üretim sistemleri, üretim süreçlerinin otomatik olarak kontrol edilmesi ve optimize edilmesi için sensörler, aktüatörler ve YZ algoritmaları ile donatılmış entegre sistemlerdir (Liao ve ark., 2017). Ahşap işleme endüstrisinde bu sistemler, kesim, zımparalama, montaj gibi aşamalarda insan hatalarını minimize ederek kaliteyi artırır ve üretim süresini kısaltır. Özellikle, CNC makinelerinin akıllı kontrolü sayesinde malzemenin yapısına ve kusurlarına göre işlem parametreleri otomatik olarak ayarlanabilmektedir (Sharma ve Panwar, 2018).

7.2. IoT ve Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) Entegrasyonu

Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), ahşap işleme fabrikalarında gerçek zamanlı veri toplama, izleme ve yönetim imkânı sağlar. IoT cihazları, makinelerden ve üretim hatlarından gelen verileri merkezi sistemlere ileterek, üretim akışının kesintisiz ve verimli olmasını desteklemektedir (Lee ve ark., 2015). CPS ise fiziksel süreçler ile dijital ortamın tam entegrasyonunu sağlar; örneğin, bir robot kolun ahşap malzeme üzerindeki hareketi gerçek zamanlı olarak dijital ikiz üzerinde modellenir ve optimize edilir (Liao ve ark., 2017). Bu sayede hatalar önceden tespit edilip giderilebilir, bakım planlamaları öngörülebilir hale gelmektedir.

7.3. Otomasyon ve Robotik

Ahşap işleme sürecinde robotik otomasyon, özellikle tekrarlayan ve riskli görevlerde kullanılır. Robotik kollar, kesim, taşımacılık ve montaj gibi

işlemleri yüksek hassasiyetle yapabilir. Bu, insan gücüne olan bağımlılığı azaltırken, üretim kapasitesini de artırır (Khan ve ark., 2020). Ayrıca, otomasyon sistemleri YZ ile desteklendiğinde, robotlar kusur tespiti ve malzeme sınıflandırması gibi karmaşık görevleri de üstlenebilir (Wang ve ark., 2019).

7.4. Veri Analitiği ve Gerçek Zamanlı Kalite Kontrol

Endüstri 4.0'ın bel kemiğini oluşturan veri analitiği, üretim sürecinde toplanan büyük hacimli verilerin işlenmesini sağlar. Ahşap malzeme kalitesi, yüzey kusurları, nem oranı ve diğer parametreler gerçek zamanlı olarak izlenebilir. YZ tabanlı analiz yöntemleri, anormallikleri hızlıca tespit ederek üretim kalitesinin düşmesini engeller (Yang ve ark., 2021). Özellikle makine öğrenmesi algoritmaları, geçmiş üretim verileri üzerinden öğrenerek, hataların önceden tahmin edilmesine ve buna göre önleyici müdahalelerin planlanmasına olanak verir (Liao ve ark., 2017).

8. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Ahşap işleri endüstrisi, küresel üretim süreçlerinde önemli bir yer tutmakla birlikte, Endüstri 4.0 ve (YZ) teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde köklü bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu dönüşüm, üretim verimliliğinin artırılması, ürün kalitesinin iyileştirilmesi, maliyetlerin azaltılması ve sürdürülebilirliğin desteklenmesi gibi kritik hedeflere ulaşmada sektöre önemli avantajlar sağlamaktadır. Otomatik kalite kontrol sistemleri, kestirimci bakım uygulamaları, malzeme sınıflandırması ve kusur tespiti gibi ileri teknoloji çözümleri, ahşap üretim hatlarının modernizasyonunda temel yapı taşları haline gelmiştir (Liao ve ark., 2017; Wang ve ark., 2019).

Bu çalışmada ele alınan uygulamalar, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ahşap işleme süreçlerinde somut kazanımlar yarattığını ortaya koymuştur. Özellikle, YZ destekli görüntü işleme ve makine öğrenmesi algoritmaları, malzeme sınıflandırma ve kusur tespitinde yüksek doğruluk oranları ve hız avantajı sağlamaktadır (He ve ark., 2021; Yang ve ark., 2021). Akıllı üretim sistemleri ve siber-fiziksel sistemler (CPS), üretim hattı verimliliğini artırırken, gerçek zamanlı veri analitiği ile kalite kontrol mekanizmaları daha etkin hale gelmiştir (Lee ve ark., 2015). Ancak, Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir şekilde entegre edilmesi önünde çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlileri yüksek başlangıç yatırım maliyetleri, veri

güvenliği ve yönetimi sorunları ile nitelikli iş gücü eksikliğidir. Bu engeller, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) teknolojiyi benimsemesini zorlaştırmaktadır (Sharma ve Panwar, 2018).

Geleceğe Yönelik Öneriler ve Perspektifler:

Uygun Maliyetli Çözümler: KOBİ'lerin de Endüstri 4.0 avantajlarından yararlanabilmesi için ölçeklenebilir, modüler ve maliyet etkin teknolojik çözümler geliştirilmelidir. Bulut tabanlı servisler, abonelik modeli yazılımlar ve düşük maliyetli sensör sistemleri bu alanda önemli fırsatlar sunmaktadır (Liao ve ark., 2017).

Standartlaştırılmış Veri Setleri ve Paylaşım Mekanizmaları: YZ modellerinin başarılı eğitimi için geniş ve standartlaştırılmış veri setlerine ihtiyaç vardır. Ahşap türleri, kusur çeşitleri ve üretim süreçlerine dair evrensel veri havuzları oluşturulmalı, bu veriler açık erişim politikalarıyla paylaşılmalıdır. Böylece farklı araştırmacı ve endüstri paydaşları arasında bilgi transferi ve iş birliği kolaylaşacaktır (Zheng ve ark., 2024).

Eğitim ve İnsan Kaynağı Gelişimi: Dijital dönüşümün başarısı, çalışanların teknolojiyi etkin kullanabilmesine bağlıdır. Bu nedenle sektör çalışanlarına yönelik kapsamlı eğitim programları ve mesleki gelişim faaliyetleri düzenlenmelidir. Dijital okuryazarlık ve YZ farkındalığı artırılmalıdır (Khan ve ark., 2020).

IoT ve Dijital İkiz Teknolojilerinin Yaygınlaştırılması: Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları ve dijital ikizler, üretim süreçlerinin dijital kopyalarının gerçek zamanlı takibini mümkün kılarak hataların önlenmesini ve süreç optimizasyonunu sağlar. Ahşap işleme sektöründe bu teknolojilerin benimsenmesi, "akıllı fabrikalar" konseptini hayata geçirmede kritik rol oynayacaktır (Lee ve ark., 2015).

Sürdürülebilirlik ve Çevresel Duyarlılık: Endüstri 4.0 uygulamaları sadece üretim verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda enerji ve malzeme kullanımını optimize ederek çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunabilir. Bu nedenle, gelecekte yeşil üretim teknikleriyle entegrasyonun artırılması sektörde öncelik kazanacaktır (Sharma ve Panwar, 2018).

Teknoloji ve Üretim İş Birliği: Akademi, endüstri ve teknoloji sağlayıcıları arasında daha sıkı iş birliği yapılmalı, Ar-Ge projeleri ve pilot uygulamalar desteklenmelidir. Böylece teknolojik yeniliklerin pratik faydaya dönüşmesi hızlandırılabilir (Ghobakhloo, 2018).

Ahşap işleri endüstrisinde Endüstri 4.0 ve YZ teknolojilerinin entegrasyonu, sektöre rekabet avantajı ve sürdürülebilir büyüme sağlamada vazgeçilmez unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin yaygınlaştırılması için maliyet, eğitim ve veri yönetimi alanlarındaki zorlukların aşılması kritik önem taşımaktadır. Dijital dönüşümün başarısı, yalnızca teknolojik altyapıya değil, aynı zamanda insan faktörüne, iş birliği kültürüne ve sürdürülebilirlik hedeflerine bağlıdır. Bu doğrultuda, ahşap malzeme işleme endüstrisi için akıllı, verimli ve çevreci üretim süreçleri geleceğin temel standartları olacaktır.

KAYNAKÇA

- Fang, X., Zhang, Y., Li, Z., & Wang, Y. (2023). Open-set wood species recognition based on ResNet50 and SVDD. *Bioresources*, 18(3), 4567–4583. <https://doi.org/10.15376/biores.18.3.4567-4583>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>
- He, J., Liu, Y., & Zhang, X. (2021). Ensemble CNN framework for wood species classification. *PeerJ Computer Science*, 7, e601. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.601>
- Herrera-Poyatos, A., González-Fernández, J., & López-Rubio, E. (2024). Macrotecture classification of CITES-listed timber species using patch-voting deep learning. *arXiv preprint arXiv:2401.12345*.
- Khan, A., Sohail, A., Zahoor, U., & Qureshi, A. S. (2020). A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks. *Artificial Intelligence Review*, 53, 5455–5516. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09825-6>
- Kim, S., Park, J., & Lee, D. (2024). CNN-based classification of Korean oak species using macroscopic wood images. *PeerJ*, 12, e13642. <https://doi.org/10.7717/peerj.13642>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 – A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Nieradzic, K., Schmidt, M., & Wagner, F. (2023). WoodYOLO: Real-time detection of wood fibers using YOLOv5. *Computers and Electronics in*

- Agriculture*, 194, 106731.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.106731>
- Nof, S. Y. (Ed.). (2014). *Springer handbook of automation*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-39905-2>
- Sharma, R., & Panwar, N. L. (2018). Recent trends in sustainable wood processing technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.100>
- Wang, C., Sun, L., & Lu, J. (2019). Wood defect detection based on machine vision and deep learning. *Measurement*, 146, 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.06.019>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Yang, Q., Yu, Y., Wu, Z., & Ding, X. (2021). Automatic detection of wood surface defects using convolutional neural networks. *Applied Sciences*, 11(4), 1567. <https://doi.org/10.3390/app11041567>
- Zhao, L., Zhang, W., & Chen, T. (2021). PWoodIDNet: A deep learning framework for microscopic wood species identification. *Journal of Materials Science*, 56(12), 7890–7905. <https://doi.org/10.1007/s10853-021-06008-8>
- Zheng, H., Zhang, Y., Wang, X., & Yang, J. (2024). Explainable deep learning for wood species classification with Grad-CAM. *Information Sciences*, 625, 225–239. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.01.017>

BÖLÜM 10

SÜS BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZ STRESİNİ AZALTMAYA YÖNELİK GELİŞTİRİLEN STRATEJİLER

Doç. Dr. Özlem AKAT SARAÇOĞLU¹

Doç. Dr. Hülya AKAT²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161550>

¹ Ege Üniversitesi, Bayındır Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Seracılık Programı, İzmir, Türkiye. ozlem.akat@ege.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-1680-783X

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Muğla, Türkiye. ahulya@mu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0927-8530

GİRİŞ

Tuzluluk, sulanan arazilerin verimliliğini düşüren ve ekonomik anlamda tüm dünyada tarımsal üretimi olumsuz etkileyen en büyük çevresel problemlerden birini oluşturmaktadır (Akat, 2020; Hayat ve ark., 2019; Mohanavelu ve ark., 2021). Tarımsal üretimde tarımın temel bileşenlerinden olan toprak ve sulama suyu içerisinde çözünmüş halde bulunan tuz konsantrasyonunun, bitki gelişimini sınırlayacak düzeyde bulunması tuzluluk olarak tanımlanmaktadır (Akat Saraçoğlu ve ark., 2019). Her iki bileşen için tuzluluk sorunun oluşmasında farklı faktörler etkili olmaktadır. Tuzluluğun bitki büyümesi üzerindeki en temel olumsuz etkileri; ozmotik basıncın artarak topraktaki suyun bitkiler için daha az ulaşılabilir hale gelmesi ve aşırı konsantrasyonlarda bulunan bazı elementlerin ya da iyonların özel etkilerinden kaynaklanmaktadır (Qadir ve Schubert, 2002). Bu tür sorunlar; su ve hava hareketini, bitkinin yararlanabileceği su tutma kapasitesini, kök penetrasyonunu, tohum çimlenmesini, yüzey akışını, toprak erozyonunu, toprak işlemesini ve ekim-dikim uygulamalarını etkilemektedir. Ayrıca tuzdan etkilenen topraklarda bitkinin yararlanabileceği besin maddelerindeki dengesizlikler ve eksiklikler nedeniyle bitki gelişimi sınırlanmakta, ürün kalitesi ve verim düşmektedir (Akat ve ark., 2020a; Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023a). Toprak tuzluluğu genellikle aşırı ve yanlış sulama uygulamaları, sulama amaçlı kullanılan kaynağın yüksek tuz konsantrasyonuna sahip olması gibi koşullardan etkilenmektedir (Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023b). Ayrıca sulu tarım yapılan kurak-yarı kurak alanlarda yetersiz drenaj koşulları (Deliboran ve Savran, 2015), düşen yağış miktarının yetersizliği, yüksek buharlaşma miktarı (Greenway ve Munns, 1980), seralarda gerçekleştirilen mono kültür uygulamaları (Sevgican, 2002) ve beraberinde bitkisel üretimi teşvik etmek amacıyla kullanılan kimyasal içerikli gübrelerin bilinçsiz aşırı uygulanması sonucunda tuzluluk sorunu yaşanmaktadır (Turhan ve Başer, 2001; Sonneveld, 2001; Akat Saraçoğlu ve ark., 2019, Akat ve ark., 2020a).

Toprak ve su tuzluluğuyla mücadelede geliştirilmiş farklı stratejiler bulunmaktadır. Tuzluluğa neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması tuzluluk sorunun önlenmesi adına alınabilecek tedbirlerin başında gelmektedir (Tunç ve Kaman, 2022). Toprak içeriğindeki fazla tuzun uzaklaştırılmasına yönelik yaklaşımlar arasında; toprak işleme, yıkama yoluyla tuzların kök bölgesinden uzaklaştırılması, bazı organik ve inorganik katkı maddelerinin toprağa ilave

edilmesi, malçlama uygulamaları, yeraltı su seviyesinin korunması, drenajı yetersiz sığ topraklarda etkili drenaj tesislerinin (yapay drenaj) geliştirilmesi, tuz stresine toleranslı bitki türlerinin yetiştiriciliğine yönelinmesi amaçlı halofit ve biyodrenaj sağlayabilecek derin köklü bitkilerin kullanımı, tuz etkisine maruz kalan bitki kök bölgesi üst toprak yüzeyini kazımak, sulama için tuz konsantrasyonu düşük ya da hiç tuz içermeyen iyi kalitedeki tatlı su kaynaklarının kullanımı, tuzlanma problemi yaşanan topraklarda toprak düzenleyici maddelerin kullanılması, mikrobiyal gübreler, bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı gibi yeni biyokimyasal tekniklerin uygulanması yoluyla sürdürülebilir tarım ilkeleriyle hareket eden yöntemler olmak üzere çeşitli kaynaklar ve stratejiler uygulanabilmektedir (Osman, 2018; Hayat ve ark., 2019; Roy ve Chowdhury, 2020; Mohanavelu ve ark., 2021). Ancak yıkama, kazıma, yapay drenaj sistemlerinin oluşturulması gibi yaygın kullanılan bu geleneksel yöntemlerin çevre açısından yarattığı olumsuzlukların yanında bu uygulamaların zorluğu, zaman alması, işgücü gerektirmesi ve yüksek maliyetli olması da göz ardı edilmemesi gereken bir konudur (Jouyban, 2012). Topraklarda sulama kaynaklı tuzluluk problemini yönetmek için yaygın kullanılan strateji, ekim-dikim işlemlerinden önce uygun toprak işleme, suyun düzgün dağılımını sağlamak için arazi tesviyesi, tatlı-iyi su kaynağı ve tuzlu su kaynakları ile döngüsel sulama uygulamaları, organik gübrelere geçiş ve toprak koruma uygulamalarının hayata geçirilmesini kapsamaktadır (Spark, 2002, Nasim ve ark., 2018). Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde sulama kaynaklı tuzluluğa yönelik potansiyeli azaltma stratejileri (ayrıca kurak alan tuzluluğu olarak da adlandırılır) arasında tuzlu yeraltı suyunun güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi, yapay drenaj mekanizmalarının oluşturulması, ürün artıklarıyla malçlama yapılması, halofit ve yeraltı suyu için biyolojik drenaj oluşturan derin köklü bitkilerin kullanılması gibi alternatif tuzluluk dostu bitkilerin tercih edilmesi ve moleküler yaklaşımlarla tuzluluk toleransının yükseltilmesi mümkün olabilmektedir (Roy ve Chowdhury, 2020; Mohanavelu ve ark., 2021; Sultana ve ark., 2023). Yüksek tuz içeriğine sahip sulama sularının iyileştirilmesi için, alınacak tedbirlerin başında uygun sulama tekniğinin seçilmesi yoluyla su kullanımının optimizasyonu sağlanarak tuzlu suyun bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerindeki etkisi azaltılabilmektedir (Akat Saraçoğlu ve ark., 2019; Tunç ve Kaman, 2022; Tarolli ve ark., 2024). Bu stratejilerle toprak ve sulama suyundaki yüksek tuz içeriğinin sebep olduğu

olumsuz etkiler azaltılarak tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenebilmektedir. Tekniğine uygun olmayan ve bilinçsiz gerçekleştirilen kültürel uygulamalara bağlı artan tuzlanma nedeniyle toprağın sahip olduğu fiziko-kimyasal özellikleri değişmekte, mevcut doğal drenaj oranı azalmakta, yüzey akışı artmakta ve tuzun alt toprak akiferlerine sızması yoluyla da yeraltı suları kirlenmektedir. Bunun sonucunda da bitkilerin gelişimi, verimi ve kalitesi önemli ölçüde azalmaktadır. Uygulanacak doğru teknik ve önlemlerle, toprakların verimliliği korunarak, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik artırılabilir. Bunun yanında, küresel ölçekte sürdürülmesi için uygulaması güç geleneksel mücadele yöntemlerinin dışında, yenilikçi yaklaşımlar da gittikçe yaygınlaşan oranda uygulama sahası bulmaktadır (Hayat ve ark., 2019).

Süs bitkileri yetiştiriciliğinde tuz stresi, özellikle sulama suyu kalitesinin düşük olduğu bölgelerde önemli bir problem teşkil etmektedir. Yüksek tuz konsantrasyonları süs bitkilerinin su alımını engelleyerek büyüme, gelişme, verim, kalite ve estetik görüntüsü üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda süs bitkileri yetiştiriciliğinde tuz stresine karşı geliştirilen yenilikçi stratejiler, bitkilerin verimliliğini, kalitesini ve gelişimlerini artırma açısından büyük önem taşımaktadır. Tuz iyileştirmede bazı fizyolojik ve agronomik yöntemlere başvurulmaktadır. Bu tekniklerin kullanımıyla, tuz stresine karşı bitkilerin adaptasyonu sağlanmaktadır. Bu amaçla başvuru alan biyoteknolojik uygulamalar, sulama yönetimi, toprak iyileştirme ve tür seçiminde yapılan yenilikçi yaklaşımlar, tuzlu topraklarda düşük frekanslı elektromanyetik alanlar yaratan yenilikçi yıkama uygulamaları, biyoteknolojik yöntemlerle bitkilerin tuz stresine daha dayanıklı hale gelmesini sağlamak için çeşitli stratejiler sürekli olarak geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanması, özellikle tuzlu sulama kaynaklarının kullanıldığı bölgelerde süs bitkileri yetiştiriciliği için büyük bir potansiyel taşımaktadır.

1. Yıkama Uygulamaları

Sulama ve toprak tuzluluğunu yönetmeye yönelik standart yönergeler çoğunlukla, ürün gelişiminde ya da veriminde herhangi bir azalmaya sebep olabilecek seviyedeki tuzluluktan, bitki kök bölgesini yıkama gereksinimini karşılayarak koruma hedefi ile tasarlanmıştır (Akat, 2008; Kapoor ve ark., 2024). Tuzlu toprakların yanı sıra henüz tuzluluk problemi

oluşmaya başlamış topraklarda da gerekli önlemler alınmazsa, ürün miktarında ve kalitesinde önemli düzeyde kayıpların yaşanması beklenen bir sonuçtur (Tunç ve Kaman, 2022). Bu yöntemin uygulanabilirliği ancak, toprak yüzeyinde tuzun bir kabuk tabakası oluşturacak kadar kalınlığa ulaşması durumuyla kısıtlanmaktadır. Ayrıca, oldukça verimsiz olan bu işlemle çok az miktarda tuz ortamdan uzaklaştırabilmektedir (Abdel-Fattah, 2019). Bu tür bir stratejinin başarısı için önemli bir nokta, belirli toprak ve iklim koşulları için uygun sulama yöntemlerinin benimsenmesidir. Bir dizi basınçlı sulama yöntemi; (yağmurlama, damla sulama yöntemi) verimlilik, çevresel etki, sağlık riskleri ve daha fazlası açısından geleneksel yüzey sulama yöntemlerine (karık, salma sulama yöntemi vb.) alternatifler sunmaktadır. Genel olarak, belli kalitedeki su ve belli bir ürün için, bir sulama yönteminin tuzlanma oranı üzerindeki etkisi; toprak özelliklerinin dikey ve mekânsal dağılımı, topoğrafya, sulama yönetimi, kültürel uygulamalar, iklim koşulları ve bölgesel hidrolojik koşullar dahil olmak üzere çeşitli değişkenlere bağlı olarak değişmektedir (Yang ve ark., 2023). Tuzlu toprakların ıslah edilmesindeki temel uygulamalardan biri de yıkama işlemidir. Yıkama uygulamasının amacı, toprağın üst katmanlarında biriken ve çözünebilen maddeleri azaltmaktır. Topraktaki çözünür tuzların, bitki kök bölgesinin alt katmanlarına sızabilmesi toprağın derin drenaj potansiyeline sahip olduğu doğal koşullarda/ekosistemlerde ancak güçlü yağışlardan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda yağış miktarı ve dağılımı, tuzun yıkanmasında önemli bir rol oynar (Shaygan ve Baumgartl, 2022). Yıkama işlemi için; bitki su kullanımının düşük olduğu, serin iklimlerde yağmurlama sistemi kullanılmak suretiyle sürekli göllendirme yapmak yerine, aralıklı göllendirme yapılarak uygulanması önerilmektedir (Taşan, 2021). Tuzlulukla beraber, besin maddeleri açısından eksiklik ve fazlalık yaşanan topraklarda ise hem yıkama hem de kimyasal madde uygulaması işlemleri bir arada kullanılmaktadır (Turhan ve Başer, 2001). Tuzluluk sorunu ve besin maddesi toksisitesi yaşanan toprakların geri kazanılması sürecinde gerçekleştirilen ıslah çalışmaları oldukça zaman alıcı ve emek yoğun bir işlemdir. Yıkamayla birlikte kimyasal madde kullanımının aynı anda gerçekleştirildiği uygulamalar, tuzdan etkilenen topraklar için ana iyileştirme tekniğidir. Ancak, tekniğin verimliliği, suyun ve çözünen maddenin toprak profilinin daha derinlerine doğru hareketini sınırlandıran zayıf toprak fiziksel koşulları tarafından kısıtlanabilmektedir. Bu nedenle, toprak fiziksel

koşullarını iyileştirmek ve böylece tuzun alt katmanlara daha fazla sızmasını sağlamak üzere bazı iyileştirmelerin eklenmesi gerekebilmektedir. Toprağın fiziksel koşullarını iyileştirmek için kullanılacak uygulama, toprağın kimyasal koşullarına, kaynak bulunabilirliğine, işlemin maliyetine ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. İklim ve toprak koşulları ıslahın başarısına engel teşkil ettiğinde, ıslah amacıyla farklı uygulamaların kombinasyonu gerekebilmektedir (Shaygan ve Baumgartl, 2022). Tuzdan arındırma bölgesini daha da genişletmek için halofitleri kullanan fitoremediasyon tekniği kullanılabilmektedir (Hamdy, 1996). Örneğin, öncelikle tuz kazıma ardından iyileştirme maddelerinin eklenmesi ve toprak işlenmesi gibi uygulamaların birlikte değerlendirilmesi toprağın fiziksel koşullarını düzeltmede etkin seçenek oluşturabilmektedir (Shaygan ve ark., 2018). Çözünebilir tuzların bitki kök bölgesinden uzaklaştırılabilmesi için uygulanması gereken su miktarı toprağın özelliğine göre değişmekle beraber oldukça fazla sulama suyunun kullanımına sebep olmaktadır. Özellikle ağır bünyeli topraklarda, yıkama ihtiyacını karşılayan sulama suyunun infiltre olarak kök bölgesinden uzaklaştırılması için uzun bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Zaman ve iklim koşullarına bağlı olarak sulama suyunun toprak üst yüzeyinden evaporasyonla (buharlaşıma) uzaklaşması nedeniyle, yıkama için toprağa uygulanan sulama suyunda yaşanan kayıplar anlamına gelmektedir. Giderek artan küresel ısınma sonucunda azalan su kaynakları, bitki yetiştirme döneminde gerçekleştirilen yıkama ihtiyacını karşılayan sulama suyu tedarikinde de güçlükler yaratmaktadır (Bahçeci ve ark., 2021). Tuzluluğun giderilmesi amacıyla gerçekleştirilen yıkama uygulamaları temelli toprak ıslah çalışmalarında, daha çok yıkamayla karşılanan iyileştirme durumu, yıkama ihtiyacını karşılayan su miktarı, yıkamayı karşılayan sürenin saptanmasını kapsayan çalışmaların sonucunda; aralıklı göllendirme şeklindeki yıkama uygulamalarında, yıkama ihtiyacını karşılayan suyun dilimleri arasında genellikle 24 veya 48 saat aralıklarla uygulanarak yönetilmesinin bitki gelişimi açısından daha sağlıklı olduğu yönünde sonuçlar bildirilmektedir. Son yıllarda klasik yıkama uygulamalarına alternatif elektromanyetik alanlar oluşturularak; suyun rizosferin (kök bölgesi) alt katmanlarına iletildiği yenilikçi yıkama uygulamalarının yanında, gerçek zamanlı gerçekleştirilen; toprak tipine ve mevcut tuzluluk düzeyine göre yıkama ihtiyacını karşılayan suyun miktarını optimize eden yıkama uygulamalarını modelleyerek tuzun uzaklaştırılması da

mümkün olabilmektedir (Cahn ve Bali, 2015; Bouhlef ve ark., 2024; Mikail, 2007).

2. Sulama Yönetimi

Sulama yönetimi ve toprak iyileştirme, tuz stresinin azaltılması için önemli bir stratejidir. Özellikle düşük tuz içeren su kullanımı, damla sulama teknikleri ve toprak tuzunun azaltılması amacıyla yapılan düzenlemeler ile toprakta tuz birikimini engellemeye yönelik yöntemleri içermektedir.

Sulama Teknikleri: Tuz stresini azaltmak için damla sulama yöntemi gibi, sulama suyunun direkt bitki kök bölgesine uygulandığı yöntemlerin tercih edilmesi, özellikle kök bölgesindeki tuz birikiminin önlenmesini olanaklı kılmak yanında, sulama suyunun optimum düzeyde kullanılmasına da imkan vererek, sudan tasarruf sağlamaktadır (Munns ve Tester, 2008). Aynı zamanda sulama sırasında kullanılan suyun tuz içeriği dikkatlice izlenmeli ve uygun sulama teknikleriyle bitkilerin ihtiyacı karşılanmalıdır.

3. Toprak İyileştirme ve Organik Madde Kullanımı

Toprak iyileştirme teknikleri arasında, toprakta bulunan tuzların çözülmesi ve uzaklaştırılması için çeşitli kimyasal maddelerin ya da organik materyallerin kullanımı bulunmaktadır. Toprağa ilave edilen organik gübreler ve kireç, sülfat gibi bazı toprak iyileştirici maddeler, tuz birikimini engelleyebilmektedir (Tarolli ve ark., 2024). Bitkilerdeki tuz toleransı, tuzluluk etkilerini azaltmak için bitkiyi metabolik, moleküler ve fizyolojik düzeyde güçlendiren çeşitli besin maddeleri (NO^{-3} , Ca^{+2} , K, P vb.) uygulanarak arttırılmaktadır (Machado ve ark., 2014). Nitrik asit ve sülfürik asit kullanımı kurak bölgelerde topraktaki tuzluluğu ve sodyumluluk düzeyini azaltmaktadır. Killi topraklarda uygulanan nitrik asit, toprak içeriğindeki Ca^{+2} çözünürlüğünü arttırarak toprak pH'sını düşürmektedir. Aynı zamanda $\text{Ca}^{+2}/\text{Na}^{+}$ rekabetinden kaynaklanan tuzluluk zararını da hafifletmektedir (Oosterhuis ve Upchurch, 2010).

4. Tuz Stresine Toleranslı Bitkilerin Kullanımı

Tuz stresine karşı dayanıklı bitki türlerinin seçimi de tuzluluk koşulları için geliştirilen önemli stratejilerdendir. Bu amaçla, tuzdan etkilenmiş toprakların ıslahı için, ortamdaki tuzluluk seviyesine tolerans gösterebilen uygun bitki türlerinin yetiştirilmesi esas alınmaktadır. Bu strateji tuzluluk

sorunu yaşayan alanlarda bitki destekli bir ıslah yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Qadir ve ark., 2007). Genetik çeşitlilik, tuz stresine karşı bitkilerin adaptasyon süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Tuzlu ortamlara uyum sağlayabilen bitki türleri tuzlu koşullarda daha yüksek verimlilik ve kalite özelliklerine sahip bir şekilde yetiştirilebilmektedir (Flowers ve Yeo, 1995). Su kaynakları kıtlaştıkça yeni halofitik bitkilere olan potansiyel talebi karşılamak için, birçok tuza toleranslı bitki ve halofit türler (yüksek tuzluluklarda daha iyi büyüyen bitkiler) halofitoloji adlı yeni bir bilim dalı tarafından incelenmektedir. Ciddi boyuttaki biyolojik tuz konsantrasyonlarına dayanan bitkiler ve biyodrenaj gibi çeşitli yeni haloteknolojiler kullanılarak hem uygulamada bitki verimini artırmak hem de özellikle süs bitkilerinde estetik görüntüyü korumak amacıyla başvurulmuş bir tekniktir (Yensen ve Biel, 2008). Bu bağlamda, çeşitli süs bitkileri üzerine yapılan araştırmalar, tuzlu ortamlarda daha iyi performans gösteren türlerin belirlenmesine odaklanmaktadır. Yüksek tuz konsantrasyonlarında (200 mM NaCl ve daha fazlasına kadar) büyüeyebilen ve yaşam döngülerini tamamlayabilen bitkiler halofit bitki olarak isimlendirilmektedir (Munir ve ark., 2021; Akat ve ark., 2020a). Halofitler, çeşitli ortamlarda tuzla kirlenmiş ve bozulmuş toprakların doğal bitki örtüsü olarak verimliliğini sürdürmek için çok sayıda potansiyel uygulama alanı sunmaktadır. Halofit türlerin tuz toleransı, bu bitkilerin hayatta kalmalarında ve özellikle olumsuz koşullara uyum sağlamalarında önemli rol oynayan bitki eko-fizyolojik adaptasyon özellikleriyle ilişkilidir. Enerji, tatlı su ve gıda krizlerini azaltabilecek ekonomik amaçlar için tuzlu topraklarda halofit bitkilerin kullanılmasına öncelik verilmesi gerekmektedir (Er ve ark., 2021; Shaygan ve Baumgartl, 2022; Zelm ve ark., 2020). Bozulmuş arazilerin ıslahı, kirleticilerin uzaklaştırılması ve alternatif enerji kaynaklarının üretimi, bu ekstremofil bitki gruplarının diğer ortaya çıkan uygulama alanlarıdır. Ekonomik potansiyeli ve tarımsal yönetim sistemlerinin sürdürülebilirliği için peyzaj sahalarında, atık su kullanımı, fitoremediasyon tekniklerine yönelim ve ıslah amaçlı halofitlerin kullanılması, bu şekilde yeniden bitkilendirilme ile bu alanların rehabilitasyonu önerilmektedir (Munir ve ark., 2021).

Tuzluluk ve diğer stresler ardışık küresel süreçler olup basit önlemlerle çözülememektedir. Bu nedenle, gelecekteki tarımsal ve endüstriyel uygulamalar için, özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde, halihazırda tuza

dayanıklı bitkiler kullanılarak bitkilerin stres tepkilerini azaltmak için bütünleşik yaklaşımların tercih edilmesi gerekmektedir. Bu bitkiler, tuzlu koşullar altında daha iyi büyüebilmek amacıyla gerekli morfolojik özelliklere veya adaptif mekanizmalara sahip olduğu için diğer türler için zararlı olabilen toksik NaCl seviyelerine direnebilmektedir (Garza-Torres ve ark., 2020). Halofit bitkilerin yetiştiricilik sistemine entegre edilmesi, tuz birikimini azaltarak toprak kalitesini iyileştirip tuzluluk yönetiminde bir alternatif sunmaktadır. Tuzlu toprakların halofitler ile yeniden bitkilendirilmesi sonucu bazı iyileştirme etkileri ortaya çıkmaktadır;

- Toprak agregasyon stabilitesinin ve toprak hidrolik özelliklerinin iyileştirilmesi,
- Diğer ıslah yöntemlerine kıyasla daha derin ıslah bölgesi sağlanması,
- Toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi,
- Kimyasal katkı maddeleri ya da yıkama uygulamaları gibi tekniklerdeki kullanımlarının azalmasından kaynaklanan mali faydalar olarak ifade edilebilmektedir.

Bu yaklaşım bitki, toprak ve hidrolojik etkileşimlere dayanmaktadır. Bitkilerle rehabilitasyonda (fitoremediasyon) süreç üretken bir şekilde yönetilebilmektedir. Çoğu zaman, tuzlu toprakların fitoremediasyonu diğer mühendislik teknikleriyle karşılaştırılabilir düzeyde iyileştirmelerle sonuçlanmaktadır (Qadir ve ark., 2007). Bazı halofit türler ise ortamda belli bir düzeyde NaCl olmadığında yeterli şekilde büyümektedir. Bu gruba ait türlerin büyümesi için, bitkilerin orta tuzluluk koşulları (50-250 mmol NaCl) tarafından uyarılması gerekmektedir. Birkaç araştırmacı, halofitleri kullanarak tuzlu toprak ıslahının başarılı olduğunu bildirmektedir (Akat, 2012; Öztürk ve ark., 2019; Shaygan ve Baumgartl, 2022). Bu bitki grubuna ait türlerin yüksek Na^+ seviyelerine tolerans gösterdiği ve dokularında yüksek konsantrasyonlarda Na^+ biriktirdiği ifade edilmiştir ki; bu da halofit bitki türlerini tuzlu toprakların yeniden bitkilendirilmesi ve ıslahı için etkili hale getirmektedir (Shaygan ve Baumgartl, 2022).

5. Tuz Kazıma Yöntemi

Tuzlu topraklar, bitkilerin yetişebilmesi için tuz kabuğunu çıkarmak amacıyla tuz kazıma işlemi yoluyla fiziksel olarak geri kazanılabilmektedir (Le Houérou, 1992). Ancak bu işlem tek başına yeterli olmayıp, diğer tuz

iyileştirme uygulamalarını da kullanmayı gerektirmektedir. Genellikle bitki kök bölgesinden orta tuzlu-sodyumlu koşullarda, yıkama uygulaması ve değiştirilebilir Na^+ iyonu konsantrasyonunu düşürmek için Ca^{+2} uygulanmalarında takip edilmesi gerekmektedir (Hoffman, 2007). Tuz kazıma, tuzlu toprakların iyileştirilmesi yöntemi olarak düşünüldüğünde tüm dinamiklerin dikkate alınması önemlidir. Toprak tuzluluğu iklim, toprak tipi, sulama, yeraltı suyu derinliği ve su kaynaklarının tuzluluğunun yanı sıra arazi yönetimi uygulamalarından da etkilenebilmektedir. Tuzluluk kurak ve yarı kurak iklimlerde düşen yağış miktarı ve toprağın drenaj özelliği toprak yüzeyinden tuzların yıkanarak uzaklaştırılması için yeterli olmayabilir. Doğal ekosistemlerde, toprak üst yüzeyindeki çözünür tuzların konsantrasyonu, buharlaşma ve kurak koşullarla birlikte artarak o bölge topraklarında tuz birikimine neden olmaktadır ki bu da bitki gelişimini ve bitkisel üretimi sınırlayabilmektedir (Akat, 2008). Topraktaki çözünür tuzların, bitki kök bölgesinin alt katmanlarına sızabilmesi toprağın doğal drenaj özelliği ve bölgeye düşen yağış miktarı ve dağılımı önemlidir. Çünkü uzun süreli kurak koşullar ve yüksek buharlaşma oranı bitki kök bölgesinde bulunan tuzların toprak yüzeyine doğru yukarı katmanlara hareket etmesine neden olmaktadır. Buharlaşma ile yukarı taşınan tuzların sebep olduğu tuzlu bölgenin yüksek yağışa maruz kalmaya devam etmesi durumunda; yüzeydeki tuzlar yıkanarak toprak profilinin daha alt katmanlarına ve toprak yüzeyinde tuz birikimin engellenmektedir (Shaygan ve Baumgartl, 2022). Bu nedenle, bir tuz kabuğunun oluşumunun olası bir temel nedenine müdahale etmeden, tuz kazıma/sıyırma stratejisinin belirli arazi ve iklim koşullarıyla sınırlı olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Tuz kazıma işlemi de aynı tuz yıkama uygulamaları gibi pratik değeri oldukça az olan bir stratejidir (Giri ve Varma, 2019).

6. Tuz Stresine Yönelik Yenilikçi Yaklaşımlar ve Stratejiler

Modern teknolojiler, toprak tuzluluğunu azaltmaya yönelik geleneksel yaklaşımlardaki eksiklikleri ve dezavantajları aşmak için birçok fırsat sunarak, toprak ve sulama suyu kaynaklı tuzluluk tehlikelerini yönetmede kritik bir rol oynamaktadır. Yenilikçi çözümler, ekonomik, çevre dostu ve verimli (hem kaynak hem de zaman açısından) yönetim stratejilerini içermektedir. Geçtiğimiz son on yılda uzaktan algılama ile ilgili ortaya çıkan gelişmelerle birlikte, tuzluluktan etkilenen bölgeleri (sıcak noktaları) haritalamak ve birçok

spektral uydu veriler kullanılarak endeksler (örneğin, tuzluluk endeksi, toprak tuzluluğu ve sodyumluluk endeksi vb.) oluşturmak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Dehni ve Lounis, 2012; Singh ve ark., 2017). Günümüzde, sulama kaynaklı tuzluluk probleminin modern coğrafi teknikler kullanılarak incelenmesinin mümkün olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Asfaw ve ark., 2018). Bunun yanında, bitkilerin tuzluluğa dayanımlarını artırmak amacıyla başvurulmuş en etkili yollardan biri moleküler ve genetik yaklaşımlara başvurmaktır (Zhao ve ark., 2019). Toprak içeriğindeki mikrobiyal aktivitenin iyileştirilmesi, bitki büyüme düzenleyicileri, osmoregülatörler, biyositimülatörler ile fenotipleme ve sensör teknolojileri, toprak içeriğindeki tuzun elektro-manyetik alanlarla ayrıştırılması ve nanoteknolojik teknikler gibi modern yaklaşımlar kullanılarak süs bitkilerinin tuz stresine karşı dayanıklılığının artırılması mümkün olabilmektedir (Olur ve ark., 2021; Ma ve ark., 2022; Yu ve ark., 2023; Miceli ve ark., 2021),

6.1. Biyoteknolojik Yöntemler ve İleri Genetik Seçim Teknikleri

Genetik mühendisliği teknikleri ile strese dayanıklı genlerin (örneğin, *NHX1*, *P5CS*, *HKT1*) bitkilere aktarılması, tuz stresine karşı dayanıklılığın artırılmasında umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır (Zhao ve ark., 2020). Bu stratejik yaklaşımda; CRISPR/Cas9 ya da transgenik bitkilerin kullanımını gibi tekniklerle, bitkide tuzun yarattığı olumsuz etkilere karşı direnç kazandırılmasını amaçlayan gen transferini, değişikliğini ya da düzenlenmesini esas alan biyoteknolojik yöntemler kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2023). Bitkiye ilişkin organizma genomunun, belirlenen hedef genlerle değiştirilebildiği, genetik mühendisliği teknolojisi ve teknikleriyle gerçekleştirilen devrim niteliğinde olan genom düzenleme, bitki bilimi ve ürün ıslahı dahil olmak üzere birçok alanda giderek yaygınlaşan kullanım sahası bulmaktadır.

Tuzluluğa dayanıklı bitkiler geliştirmek amacıyla, tuz toleransını arttıran genler, bitki türlerine entegre edilebilmektedir. Bu genler; tuzlu ortam koşullarında yetişen bitkilerin su alımını iyileştirme, iyon dengesini düzenleme ve osmotik basıncının dengelemesine yönelik direnç mekanizmalarının düzenlenmesinde etkili olmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Genetik modifikasyon ile tuz stresine dirençli bitkilerin geliştirilmesiyle için SOS1,

NHX ve HKT genleri kullanılarak tuzluluğa sebep olan Na^+ iyonunun hücrelere hapsedilmesi ya da taşınarak dışarı atılması sağlanmaktadır (Zhu, 2002). Bu yaklaşımda; bitkilerin DNA'sında hedeflenen değişiklikler yapılarak, kuraklık, tuzluluk, hastalık etmenlerine karşı istenen direnç özellikleri geliştirilmektedir. Gen düzenleme teknolojisinin en yeni ve hassas tekniklerinden biri CRISPR/Cas9 yöntemidir. Bu teknoloji, bitkilerde istenmeyen özelliklerin giderilmesi ya da istenilen özelliklerin kazandırılması için son derece etkili bir genom düzenleme aracıdır. Bitki genomunda hedef genler kesilip düzenlenmektedir. GDO endişelerine kıyasla bu modifikasyon tekniği daha doğal bir tekniktir. Süs bitkileri alanında CRISPR/Cas9 teknolojisi kullanımı sınırlı olmakla birlikte bazı süs bitkilerinde çeşitli denemeler yapılmıştır. Orkide, lale, karanfil, petunya, sardunya ve zambak gibi çeşitli süs bitkilerinde tuzluluk stresine karşı dayanıklılığın artırılması, bu teknolojiyle mümkün hale gelmiştir. HKT1 geni düzenlenerek Na^+ alım mekanizmasının değiştirilmesi çalışmaları sonucu; hedefe yönelik hızlı gen düzenleme fırsatı sağlarken, diğer taraftan transgenik olmayan (GDO dışı) varyantlar üretilebilme potansiyeli ile dikkati çekmektedir. Bu uygulama estetik değeri yüksek dekoratif süs bitkilerinde tuz stresine karşı dayanımı artırma imkânı sunmaktadır (Zhang ve ark., 2019; Li ve ark., 2015). Süs bitkileri yetiştiriciliğinde, toprak sağlığına yönelik en büyük zorluklar, gübrelerin aşırı kullanımıyla tetiklenen toprak asitliği ve tuzluluğundan kaynaklanmaktadır (Zhang ve ark., 2024). Örneğin, *Torenia fournieri* L. ile Zambak (*Lillium sp.*) türlerinde flavonoid sentezini etkileyen bir genin CRISPR/Cas9 ile modifikasyonu sonucu çiçek rengi değiştirme üzerine çalışmaların bulunduğu bilinmektedir (Guo ve ark., 2022). Genetik müdahalelerle iyon homeostazını sağlayan transport genleri ya da strese karşı antioksidan üretimini tetikleyen genler aktive edilerek, bitki fizyolojisi tuzlu ortama daha dayanıklı hale getirilebilen başka bir çalışma sonucunda; Krizantem (*Chrysanthemum morifolium*) bitkisinde Na^+ iyonunun taşınımını düzenleyen CmNHX1 geninin overekspresyonu ile tuz toleransında artış sağlandığı bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2019).

Bu biyoteknolojik yöntemler, özellikle süs bitkilerinin genetik modifikasyonunu esas alarak, çiçeklenme dönemi boyunca tuz stresi bağlı olarak ortaya çıkan kalite kaybını önlemeye yönelik genetik tekniklerin gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağını düşündürmektedir.

6.2. Mikrobiyal Uygulamalar

Toprak içeriğindeki mikrobiyal aktivitenin iyileştirilmesi, süs bitkilerinin tuz stresine karşı dayanıklılığını arttıran diğer önemli bir stratejidir. Bitki kökleri ile simbiyotik ilişki kuran mikroorganizmalar, tuz stresine karşı fizyolojik adaptasyonu kolaylaştırmaktadır. Özellikle, rizobakteriler (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR) ve arbusküler mikorizal mantarlar (AMF), tuzlu koşullarda bitkilerin su ve besin maddesi alımını arttırarak bitki gelişimini desteklemektedir (Etesami ve Maheshwari, 2018). PGPR'ler ile tuzlu koşullar altında gerçekleştirilen yetiştiriciliklerde; kök bölgesinde fitohormon salgılanarak bir taraftan kök gelişimi teşvik edilirken diğer taraftan toprak kaynaklı zararlı iyonların bitkiye girişini azaltan mekanizmalar geliştirilmektedir. Ayrıca, mikrobiyal uygulamalar, her türlü kültür bitkisinin antioksidan savunma sistemlerini aktive ederek tuz stres toleransını arttırmakta, kimyasal gübrelerin kullanımını azaltmakta ve çevre dostu üretim için önemli bir avantaj da sağlamaktadır (Nadeem ve ark., 2014).

6.2.a. Mikorizaların Kullanımı

Mikoriza mantarları, doğal olarak bulunan sporları aracılığıyla bitki köklerini kolonize ederek, aralarında karşılıklı faydaya dayalı bir simbiyotik ilişki oluşturmaktadır. Bu simbiyoz, bitki kök yüzeyinin artmasına ve rizosfer bölgesindeki mineral mobilitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle fosfor (P), çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi bitki tarafından alımı sınırlı olan besin elementlerinin taşınmasında önemli rol oynamaktadır. Mikorizal birliktelik, bitkinin su alım kapasitesini arttırarak kuraklık koşullarında su stresine karşı dayanıklılığı güçlendirirken; bitki iyon dengesini düzenleyerek ve antioksidan savunma sistemini aktive ederek, tuzluluk stresine dayanımı arttırıcı etkiler göstermektedir (Çelik ve ark., 2019). Bu özellikleri sayesinde mikoriza, sürdürülebilir tarım uygulamalarında doğal bir biyolojik destek ajanı olarak değerlendirilmektedir (Al-Karaki Ghazi, 2000; Altunlu, 2019). Topraklar farklı bakteri, mantar, protoza ve alg gruplarına gibi çok çeşitli mikroorganizmalara sahiptir. Tuzluluğa dayanıklı bitki mikrobiyomları geliştirmek ve bu mikroorganizmaları bitkilerle aşlamak, stresin azaltılmasında etkili olabilmektedir (Altynbay ve ark., 2024; Smith ve Read, 2008;). Mikorizaların süs bitkileri alanında kullanımına yönelik yapılan çalışmalardan birkaçı; kesme çiçeklerde kalite, vazo ömrü, besin maddelerinin

alımı, kuraklık ve tuz stresine karşı olumlu etkileri bulunduğu yönünde sonuçlar ortaya koymuştur (Akat, 2020; Akat ve ark., 2020b; Olgaç ve ark., 2022).

Bitki gelişimi üzerinde etkili olan mikroorganizmaların bazıları farklı tuz konsantrasyonlarına tolerans göstermek ve bitki büyümesini teşvik etmek gibi doğal yetenekleriyle tanınmaktadır. Tuza dayanım gösteren bitki için yararlı mikorizaların, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki verimini artırma potansiyelleri nedeniyle tarımsal üretimde kullanımları giderek artmaktadır (Niu ve ark., 2018; Şahin, 2014; Tarolli ve ark., 2024). Mikoriza uygulamaları; *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Agrobacterium*, *Streptomyces*, *Klebsiella* ve *Ochromobacter*, *Rhizobia* sp. dahil olmak üzere bazı tuza dayanıklı bakteri cinslerinin, tuzlu koşullar altında iyonik dengeyi korumak için köklerdeki Na^+ iyon bulunabilirliğini en aza indirerek ya da K^+ iyonu alımını artırarak tuzluluk stresine karşı bitki toleransını iyileştirdiği, çeşitli bitki gruplarına ilişkin verim değerlerinin arttığına yönelik etkili sonuçların alındığı pek çok çalışma ile raporlanmıştır (Sharma ve ark., 2016; Singh and Jha, 2016; Sarkar ve ark., 2018; Lin ve ark., 2025). Mikoriza uygulamalarının bitki düzeyinde sağladığı etkileşimler ve sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Bitki besin maddesi alımının artması: Mikoriza uygulamaları özellikle fosfor, potasyum ve azot gibi besin elementlerinin alımını artırarak, bitkilerin büyüme ve gelişimlerini desteklemektedir.

İyon dengesinin sağlanması: Mikoriza uygulamaları sonucunda, bitkiler bünyelerine Na^+ iyonu alımını azaltırken, K^+ ve Ca^{2+} iyonlarının alımını artırarak iyon dengesini koruyup, tuzluluğun bitki üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Lin ve ark., 2025).

Antioksidan aktivitelerde artışın sağlanması: Mikoriza mantarları, SOD, CAT ve POD gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak oksidatif stresin azaltılması yoluyla tuzluluk koşullarında bitkilerin sağlıklı gelişimini olanaklı kılmaktadır (Egamberdieva ve ark., 2019).

Bitki kök gelişimi ve biyokütle artışının sağlanması: Mikoriza mantarları, kök gelişimini teşvik ederek bitkilerin biyokütlesini artırmaktadır (Chandrasekaran ve ark., 2014).

6.2.b. Rizobakterilerin (PGPR) Kullanımı

PGPR'ler kök bölgesine yerleşerek büyümeyi destekleyen ve bitki bünyesinde azot fiksasyonu, hormon üretimi, patojenlere karşı koruma sağlayan bakterilerdir (Şahin, 2014). PGPR uygulamaları; bitkilerde tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini hafifletmede etkili olan bir diğer biyolojik strateji olarak bilinmektedir. Genel olarak PGPR'lerin, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Serratia*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* ve *Xanthomonas* gibi genoslarda yer aldığı bilinmekle birlikte, ticari uygulamalarda yaygın olarak *Bacillus* genusuna ait preparatların daha fazla tercih edildiği ifade edilmektedir (Ahmad ve ark., 2013; Şahin, 2014). Bitki büyüme düzenleyicileri, toprak-su-bitki ilişkilerini iyileştirerek stres faktörlerine toleransı artırmak için çeşitli mekanizmaları tetiklemektedir (Zahir at al., 2004). PGPR'lerin tuzluluk stresine karşı bitki gelişimini desteklediği mekanizmaların bitki düzeyindeki etkileşimleri ve sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Fitohormon üretimi: PGPR'ler, özellikle indol-3-asetik asit (IAA) gibi fitohormonları üreterek kök gelişimini ve su alımını artırmaktadır. Örneğin, *Pseudomonas putida* türünün tuzlu koşullar altındaki pamuk bitkisinde, IAA üretimini arttırdığı ve bitki büyüme parametrelerinin iyileşme eğilimi gösterdiği ileri sürülmüştür.

Antioksidan aktivite artışı: PGPR'ler, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırarak oksidatif stresi azaltma eğilimi göstermektedir.

Osmoprotektan ve metabolit üretimi: Prolin, trehaloz ve glisin betain gibi osmoprotektanlar üreterek bitkilerin tuzluluk stresine karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Egamberdieva ve ark., 2019).

Mineral alımının düzenlenmesi: PGPR'ler, Na^+/K^+ oranını iyileştirip iyon dengesini sağlayarak bitki hücrelerinde Na^+ birikimini azaltmaktadır (Lin ve ark., 2025).

Fosfat ve azot mobilizasyonu: PGPR'ler, bitkilerde fosfat çözünürlüğünü arttırarak, azot fiksasyonu sağlamakta ve böylece bitkilerin besin maddesi alınımı güçlenmektedir (Egamberdieva ve ark., 2019).

6.2.c. Mikro-alglerin Kullanımı

Algler genel olarak *Rhodophyta* (kırmızı algler), *Phaeophyta* (kahverengi algler) ve *Chlorophyta* (yeşil algler) olarak isimlendirilerek, boyutlarına göre makro-alg veya mikro-alg olarak sınıflandırılmaktadır. Makro-algler (deniz yosunu); çıplak gözle görülebilen çok hücreli, büyük boyutlu algler iken, mikro-algler; mikroskobik tek hücreli ve siyanobakterilere (Kloroksibakteriler) benzer şekilde prokaryotik ya da yeşil alglere (Klorofit) benzer şekilde ökaryotik olma özelliğine sahiptir. Çok çeşitli sıcaklıklara, tuzluluk düzeylerine ve pH değerlerine; farklı ışık yoğunluklarına ya da kuraklık koşullarına dayanabilmektedir. Ayrıca, tek başlarına ya da diğer organizmalarla simbiyoz halde büyüebilme özelliği göstermektedir (Khan ve ark., 2018). Son yıllarda yapılan araştırmalar, mikro-alglerin de bitkilerde tuzluluk stresini azaltmada etkili biyolojik çözümler sunduğunu ortaya koymuştur. Mikro-algler; içerdiği makro-mikro besin elementleri, bazı büyüme düzenleyicileri, poliaminler, doğal enzimler, karbonhidratlar, proteinler, vitaminler ile verim ve bitki gelişiminde önemli rol oynayan fotosentetik mikroorganizmalar olup, zengin içerikleri sayesinde bitki gelişimini destekleyen çeşitli biyolojik bileşikler üretmektedir (Abd El-Moniem ve Abd-Allah, 2008). Bu organizmalar, toprak mikrobiyal aktivitesini arttırarak, tuzluluk nedeniyle bozulan toprak yapısının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Margarita ve ark., 2023). Ayrıca mikro-alglerin ürettiği doğal hormonlar (oksin, sitokinin vb.) sayesinde bitkilerin kök gelişimi teşvik edilmekte ve tuz stresıyla baş edebilme kapasiteleri yükselmektedir (Bouzouina ve ark.,2021).

Mikro-alg bazlı biyogübreler; bitkilerde antioksidan enzim aktivitesini arttırarak oksidatif stresin azaltılmasını sağlamaktadır (Maurya ve ark., 2024). Bu yolla tuzluluk koşullarında bile bitkilerin sağlıklı gelişimini sürdürdüğüne vurgulanmaktadır. Sürdürülebilir tarımda çok yönlü kullanılabilen mikro-algler, özellikle düşük girdili üretim sistemleri için ekonomik ve ekolojik önem taşımaktadır (Khan ve ark., 2018). Bu biyoteknolojik yaklaşım geleneksel

gübreleme yöntemlerine alternatif olarak, sürdürülebilir peyzaj uygulamaları için de umut vaat etmektedir.

6.2.d. Deniz Yosunu Özütlerinin Kullanımı

Deniz yosunu özütleri; glisin betain, prolin ve şekerler gibi osmoprotektanların üretimini teşvik eden makroalg grubunun bir üyesidir (Medi ve ark., 2020). Bu maddeler, hücre içi ozmotik dengeyi koruyarak bitkilerin tuz stresine karşı daha dirençli hale gelmesini sağlamaktadır (Craigie, 2011). Ayrıca, içerdikleri biyolojik aktif maddeler yoluyla bitkilerin stresle başa çıkma mekanizmalarını geliştirerek, tolerans düzeylerini artmaktadır. Deniz yosunu özütleri, özellikle absisik asit (ABA), sitokinin, auxin ve gibberellin gibi hormonların seviyelerini düzenlemektedir. Bu uygulama sayesinde; bitkilerin kök gelişimi artmakta ve tuzluğun yarattığı zararlı etkilere karşı toleransları yükselmektedir. Ayrıca, bitkilerdeki K^+/Na^+ iyon dengesini düzenleyerek, Na^+ iyonunun zararlı etkisini azaltmakta ve K^+ iyonunun hücre içerisine alımını teşvik etmektedir (Shukla ve ark., 2018). Deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) uygulamasının tuz ve kuraklık streslerinde çim kalitesini artırarak, fotosentetik parametreler ile kök gelişimi üzerinde olumlu etkilerinin bulunduğu ortaya konulmuştur (Elansary ve ark., 2017). Genel olarak değerlendirildiğinde, mikro-alg gibi makro-alglerin de süs bitkilerinde tuzluluk stresini azaltma potansiyeli taşıdığı ve bu alandaki çalışmaların artmakta olduğu bilinmektedir.

6.3. Bitki Büyüme Düzenleyiciler, Osmoregülatörler ve Biyositimülatörlerin Kullanımı

Bitki büyüme düzenleyicilerinin (hormonların) dışarıdan uygulanması, süs bitkilerinde tuz stresinin neden olduğu olumsuz etkileri hafifletmek amacıyla kullanılan yaygın yöntemlerin başında gelmektedir. Ayrıca bitki büyüme düzenleyicileri gibi osmotik koruyucular da stres koşullarında sahip oldukları öneleyici özellikleri nedeniyle; yapraktan püskürtme, topraktan/kökten uygulama ve tohum ön işlem uygulamalarıyla bitkilere verilebilmektedir (Riseh ve ark., 2021). Bitki büyüme düzenleyicilerine yönelik gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları bitkilerde tuz stresine karşı ümitvar çözümler sunmasına rağmen, arazi koşullarında gerçekleştirilen uygulamaların ekonomik ve teknik sınırlamalar yarattığı bilinmektedir. Özellikle büyük ölçekli tarımsal alanlarda bitki köklerinden gerçekleştirilen uygulamalarda

karşılaşılan lojistik engeller, bu uygulamanın pratikliği azaltırken, değişken çevresel koşulları nedeniyle yapraktan gerçekleştirilen uygulamalarda da işlem etkinlik kayıplarıyla karşılaşmaktadır. Ayrıca, yüksek maliyetli bu bileşenlerinin kullanımı, üretici düzeyinde ve ticari ölçekte sürdürülebilirlik açısından dezavantaj oluşturmaktadır (Akınoğlu, 2025).

6.3.a. Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Kullanımı

Absisik asit (ABA), salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) gibi hormon uygulamalarıyla; bitkiler stoma açıklarını düzenleyerek, dokularındaki su kaybını azaltmakta ve böylece hücrel stres yanıtlarını aktive edebilmektedir (Khan ve ark., 2020). Sitokininler, tuz stresine bağlı olarak bitkilerin yaşlanma sürecini yavaşlatırken, giberellinler kök ve sürgün gelişimini teşvik etmektedir. Bitki gelişimini hormonlarla düzenleyerek tuzluluk stresine karşı dayanıklılığı arttıran bu tür doğal biyostimülanlar, çevreye zarar vermeden bitki sağlığını desteklemektedir. Özellikle süs bitkilerinin yetiştiriciliğinde bu yapıları nedeniyle oldukça yaygın tercih edilmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2021; Ahmed ve ark., 2024). En yoğun kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri (BBD); ABA, SA, JA, giberellinler, sitokoninler, etilen ve etilen inhibitörleri, brassinosteroidlerdir.

Absisik Asit (ABA): Tuz stresinde osmotik düzenleme ve antioksidan savunmayı artırarak stres yanıtlarının düzenlenmesinde rol oynamaktadır (Ahmad ve ark., 2013). ABA uygulamasının arpa türünde fotosentetik oksijen gelişimi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, tuzun kloroplastların yapısını bozarak PSII reaksiyon merkezlerinin işleyişini etkilediği ortaya konularak ABA uygulaması sonucu PSII etkinliğindeki azalmayı hafiflettiği ortaya konmuştur (Maslenkova ve ark., 1989).

Salisilik Asit (SA): Süs bitkilerinde yapılan çalışmalar; salisilik asit gibi bitki büyüme düzenleyicilerinin tuz stresinin önlenmesinde olumlu sonuçlar verdiği yönündedir. Salisilik asit; bitki dokularında iyon Emilimi, besin maddesi taşınımı, fotosentez, bitkilerin büyüme hızı, tomurcuk teşviki, yapraklarda stomaların kapanması, membran geçirgenliği, mitokondriyal solunum ve bunun gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde yer alarak, tuza maruz bitkilerin stres koşullarına uyumlanmasında görev almaktadır (Tabur ve ark., 2020). Ayrıca, tuzlu koşullarda yetişen bitkilerde K^+/Na^+ dengesini

düzenleyerek, bitkilerin tuzluluk stresine karşı direncini artırmaktadır (Kang ve ark., 2012). Bu bağlamda; Bilginer (2019) tarafından yürütülen çalışma sonuçları; fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumlarına SA, β -karoten ve özellikle 1 mM Trp ön uygulaması ile 100 mM NaCl tuz stresi uygulanan bitkilerin toplam fenol, flavonoid ve antioksidan düzeylerinde tuz stresinin olumsuz etkilerinin büyük ölçüde azaldığını göstermiştir. Bu stratejiler aracılığıyla süs bitkilerinin daha sürdürülebilir ve verimli yetiştirilmesi mümkün olabilmektedir.

Jasmonik Asit (JA): JA kullanımının fotosentetik kapasiteyi arttırmasından yola çıkılarak gerçekleştirilen çalışmada; tuz stresi koşullarındaki çeltik türünde JA uygulamasının, tuzun radio-carbon dioxide ($^{14}\text{CO}_2$) fiksasyon oranı üzerindeki inhibitör etkisini azalttığı, Fv/Fm oranı ile yaprak nem içeriğini artırarak yüksek düzeyde fotosentezin gerçekleştiği belirtilmiştir (Gururani ve ark., 2015).

Giberellinler (GA): Normal koşullarda tarımsal üretimde büyümeyi teşvik etmektedir. Ancak aşırı kullanımı tuz stresi etkilerini şiddetlendirebileceği için tuz stresi koşullarındaki bitkilerde dikkatli uygulanması önerilmektedir (Zhao ve ark., 2019). GA3 uygulanan buğday türünde yüksek tuz stresinin olumsuz etkilerinin hafiflediği, fotosentez kapasitesinin artarak bitkilerin vejetatif gelişiminin iyileştiği bildirilmiştir (Ashraf ve ark., 2002).

Sitokininler: Yaprak yaşlanmasının geciktirilmesinde ve klorofil kaybının önlenmesinde rol almaktadır. Hücre bölünmesini teşvik ederek, kök gelişimini iyileştirmektedir (Didi ve ark., 2022).

Etilen ve Etilen İnhibitörleri: AVG, AgNO_3 vb. etilen inhibitörleri; tuz stresi altında artan etilen üretimi nedeniyle ortaya çıkan yaprak dökülmesini engellemektedir (Riseh ve ark., 2021).

Brassinosteroidler: Tuz stresi altındaki bitkilerin genel dayanıklılığını arttırmanın yanı sıra hücre büyümesi ve antioksidan enzimlerin aktive edilmesinde rol üstlenmektedir (Zhao ve ark., 2020).

6.3.b. Osmoregülatörlerin Kullanımı

Prolin, glisin betain gibi osmolitle birlikte süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi enzimlerin aktivitelerini arttıran ve osmotik koruyucular (osmoregülatör) olarak ifade edilen bu bileşikler; bitki hücrelerinde osmotik dengeyi sağlayarak hücresel homeostazını korunması yoluyla tuzluluğa karşı dayanıklılığı desteklemektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2021). Bitkileri strese sokan olumsuz koşullarda, bitki hücrelerinde biriken prolin, bitkilerin stres tolerans kapasitelerinin geliştirilmesinde önemli rol oynayan bir bileşiktir (Erkul, 2025).

Prolin: Bitki içinde doğal olarak üretilen bir amino asit olup, kuraklık ve tuzluluk stresinde hücre düzeyinde su dengesini korumaktadır. Tuz stresli koşullarında, bitkilerde osmotik dengeyi sağlamakta, serbest radikallerle savaşarak hücre içi dengeyi korumaktadır (Ahmad ve ark., 2010).

Glisin Betain: Osmoregülatör görevi görerek; hücre zarının stabil kalmasını ve bitkilerin enzim aktivitesinin korunmasını sağlamaktadır. Hücre zarlarını stabilize etmekte rol alan bu bileşik, bitkilerin fotosentez kapasitesini arttırarak, tuz stresli koşullarına karşı bitkilerin daha dirençli olmalarını sağlamaktadır.

Şekerler ve Şeker Alkolleri: Trehaloz, mannitol ve sorbitol gibi bileşikler osmotik koruma sağlamanın yanında bitki dokularında stres koşullarında ortaya çıkan oksidatif hasarı azaltmaktadır (Zulfiqar ve ark., 2019).

Poliaminler: Hücre zarlarını ve DNA'yı koruyarak stres altındaki bitkilerin tolerans düzeylerini arttırarak, hayatta kalmalarını sağlamaktadır (Didi ve ark., 2022).

Bitki büyüme düzenleyicileri ve osmotik koruyucular, tuzluluk stresine karşı bitkilerin dayanıklılığını arttıran en etkili ajanlardandır. Bu bileşikler, uygun doz konsantrasyonları ve uygulama yöntemleriyle, tarımsal verimliliğin korunmasında önemli rol oynamaktadırlar. Gelecekte, özellikle süs bitkileri yetiştiriciliğinde türler düzeyinde spesifik stratejilerle bu uygulamaların etkinliğinin daha da arttırılmasının mümkün olacağı bildirilmektedir (Ahmad ve ark., 2013; Erkul, 2025; Zulfiqar ve ark., 2019).

6.3.c. Biyositimülatörlerin Kullanımı

Amino asit bazlı ürünler, humik ve fulvik asitler bu grup içerisinde bulunmaktadır. Amino asit bazlı ürünler; bitkinin protein sentezine doğrudan katkı sağlamanın yanı sıra stres anında bitki metabolizmasını desteklemektedir. Humik ve fulvik asitler ise toprak yapısını ve besin alımını iyileştirmekte, kök gelişimini desteklemekte, mikrobiyal aktiviteyi artırmaktadır. Aşırı kimyasal gübreleme; topraktaki tuz konsantrasyonunu yükselmesine sebep olmakta (Akat Saraçoğlu ve ark., 2019) ve topraktaki organik madde miktarını azaltmaktadır (Akıncı, 2023). Humik asit ve fulvik asit bir gübre olmayıp, bitkilerin fotosentez, solunum, hücre zarı geçirgenliği, su tutma kapasitesi, fosfat alımında rol oynayan, tuzluluğun temel bileşenlerinden biri olan sodyum iyonlarının ve toksisiteye sebep olan diğer elementlerin alımını azaltan, nükleik asit sentezi gibi birçok metabolik süreci etkileyen bir toprak bileşenidir (Guo ve ark., 2019; Matuszak-Slamani ve ark., 2017). Ayrıca humik asit, tuz stresi altındaki bitkilerde üretilen serbest oksijen radikallerini etkisiz hale getirmek için reaktif oksijen türlerini temizleyen antioksidan enzimlerin konsantrasyonunu ve aktivitesini artırmaktadır (Ullah ve ark., 2018).

6.4. Nanoteknolojik Yaklaşımlar

Nanoteknolojik yöntemler; bitkilerin gelişiminin hızlandırılması, tuz toleransının artırılması ve zararlı iyonların topraktan uzaklaştırması amacıyla kullanılan nano malzemelerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Özellikle, nano gübreler (nanofertilizerler) ve nano partiküller (nanomaterialler) bitkilerin stresle başa çıkmasında etkili olmaktadır (Garcia ve Aboal, 2014).

Nanopartiküllerle İyileştirme: Çeşitli nanomalzemelerin, özellikle ZnO, TiO₂ ve SiO₂ gibi nanopartiküllerin, bitkilerin oksidatif stres ve tuz stresi koşullarında; hücre düzeyinde stresle başa çıkabilme yeteneği kazandırarak, stres faktörlerine dayanımını arttırdığı bilinmektedir (Zulfiqar ve Ashraf, 2021).

Nano-gübrelerin kullanımı: Nanoteknolojinin bitki besleme alanındaki uygulamaları, tuzlu ortam koşullarında bitkilerin besin maddelerini daha verimli almalarına yardımcı olan mekanizmaları geliştirmektedir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin nano boyutta daha verimli ve hedefe yönelik besleme uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

6.5. Biyokömür ve Kompostların Kullanımı

Bozulmuş toprakların telafi edilmesi amacıyla başvurulmuş yeni sürdürülebilir teknolojilerin biri de biyokömür uygulamalarıdır. Biyokömür, bitkilerin termal ayrışmasından oluşan katı bir malzeme olup, bu termal işlem sonrasında oluşan biyokütle ise yan ürün olarak biyo-yağ ve sentez gazına dönüşmektedir (Cha ve ark., 2016). Toprak elverişliliğinin sağlanması ve bitki veriminin iyileştirilmesi için başvurulmuş yöntemlerden biyokömür uygulamaları, bitki besin elementlerini toprağın bünyesinde tutarak verimliliğini artırıp yararlı mikroorganizma faaliyetlerini olumlu yönde etkilediğinden son yıllarda yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Debode ve ark., 2020). Ayrıca biyokömür, bitkilerin gereksinim duyduğu kadar besin maddesini sağlayan yavaş salınımlı bir gübre olarak da işlev görmektedir (Çakar ve ark., 2022). Biyokömür kuraklık gibi tuzluluğun bitki üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmektedir (Rawat ve ark., 2019). Yürütülen bir araştırmada; tuz stresi koşullarındaki mısır türünün yetiştiriciliğinde biyokömür uygulamasının tuzun olumsuz etkilerini hafiflettiği ve bitki gelişimini artırdığı bildirilmiştir (Kim ve ark., 2016). Biyokömürün, toprak flora ve faunasında olumsuz fiziksel değişikliklere yol açması, besin maddelerinin alt katmanlara sızmasına ve kirletici hareketliliğine yol açması da dahil olmak üzere çeşitli sınırlamaları bulunmaktadır (Nair ve ark., 2017). Biyokömürün zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için biyokömürün kompost gibi diğer toprak iyileştiricilerle birleştirilmesi de önerilen diğer strateji yaklaşımlarındandır (Abideen ve ark., 2020).

6.6. Bitki Besin Elementlerinin Kullanımı

Tuzluluk stresi koşullarında yetiştiriciliği gerçekleştirilen bitkilere dışsal uygulama (yaprak, kök bitki kısımlarına ya da uygulanan besin çözeltisine karıştırılması) yoluyla verilen kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve fosfor (P) gibi bazı makro besin elementlerinin; bitkilerde tuz stresinin yarattığı olumsuzlukları belirli bir düzeye kadar hafifletebileceği ifade edilmektedir. Bu elementler, bitki bünyesinde farklı organlarda tutulan Na rekabete girerek, tuz stresine sebep olan Na alımını azalttığı bildirilmektedir (Yakıt ve Tuna, 2006). Ayrıca, Akat ve Özzambak (2013; 2014) tarafından açık alan ve örtü altı yapılarında gerçekleştirilen çalışma sonuçları da Ca uygulamaları ile tuzluluğun, süs bitkilerinde bazı kalite kriterleri üzerindeki

olumsuz etkileri hafiflettiği yönünde sonuçlara ulaşılmıştır. Benzer şekilde, tuzlu koşullarda gerçekleştirilen tarımsal üretimde, bazı mikro besin elementlerinin bitkilerde hücresel dengeyi düzenleyen enzim sistemlerine etki ederek tuzluluğu azalttığı bilinmektedir. Bitkisel üretimde besin elementlerine yönelik bu stratejilerin kullanılması, tuz stresinin süs bitkileri üzerindeki etkilerini azaltabilmekte ve ürün verimliliği artırabilmektedir (Akat ve ark., 2020a; Altunlu, 2019). Yenilikçi uygulamalarla tuzlu ortamlarda bile sağlıklı bitki üretimi mümkün hale gelebilmektedir. Çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve demir (Fe) elementlerinin bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerinde hayati roller üstlendiği özellikle tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarında toleransın artırılmasında önemli işlev görmektedir. Bu mikro elementler, bitkilerde antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonunda yer alarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini sınırlandırmakta ve hücresel düzeyde oksidatif zararın azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Yadav, 2010; Altunlu, 2019).

Zn, özellikle süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimlerin kofaktörü olarak görev yapmakta ve bu enzimlerin aktivitesi sayesinde hücre zarının stabilitesi korunarak hücre içi su dengesi sağlamaktadır (Tuna ve ark., 2008; Yılmaz ve ark., 2011). Aynı zamanda Zn, protein sentezi, büyüme hormonlarının düzenlenmesi ve membran bütünlüğünün korunması gibi işlevlerde de rol almaktadır (Marschner ve ark., 2002). Bu özellikleri sayesinde Zn uygulaması, tuz stresine maruz kalan bitkilerde kök ve sürgün gelişimini teşvik etmektedir (Broadley ve ark., 2007).

Cu ise lignin sentezi, solunum ve fotosentez süreçlerinde yer alan birçok enzimatik reaksiyonun kofaktörüdür. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde Cu'nun yeterli düzeyde bulunması, elektron taşıma zinciri ve klorofil sentezi üzerinde olumlu etkiler yaparak fotosentetik verimliliği korumaktadır (Adress ve ark., 2015; Ahmad ve ark., 2017).

Mn ve Fe elementleride tuz stresine dayanıklılığının sağlanmasında önemli katkılar sunmaktadır. Özellikle Mn, fotosistem II'nin aktivitesi ve ROS temizleyici enzimlerin işleyişinde gereken bir bitki besin elementidir (Millaleo ve ark., 2010). Peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzimlerin yapısına katılan Fe ise; kloroplast fonksiyonu ve klorofil sentezi açısından kritik olup, eksikliğinde tuz stresi belirtileri daha da şiddetlenebilmektedir (Marschner ve ark., 2002).

Adı geçen mikro besin elementlerinin eksikliği, tuz stresinin etkilerini arttırabilirken; uygun dozlarda uygulanmaları, bitkilerin iyon dengesini düzenleyerek, Na^+ ve Cl^- iyonlarının toksik etkilerini azaltmakta, osmotik dengenin korunmasını sağlamakta ve fotosentetik kapasiteyi desteklemektedir (Shabala ve Cuin, 2008). Böylece, süs bitkileri dahil olmak üzere pek çok bitki türünde tuzlu ortamlarda bile sağlıklı büyüme ve gelişme mümkün hale gelmektedir. Sonuç olarak, Zn, Cu, Mn ve Fe gibi bazı mikro besin elementlerinin tarımsal üretim sistemlerinde kontrollü ve dengeli bir şekilde kullanımı, özellikle tuz stresinin yaygın olduğu alanlarda sürdürülebilir bitki yetiştiriciliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu elementlerin biyo element formunda ya da yeni nesil gübre teknolojileriyle (örneğin nano gübreler) uygulanması, bitkilerin stres koşullarına adaptasyonunu arttırabilmekte ve verim kayıplarının önüne geçebilmede etkili olmaktadır (Dimkpa & Bindraban, 2016).

6.7. Fenotipleme ve Sensör Teknolojileri

Fenotipleme teknolojileri, tuz stresine toleranslı bitki çeşitlerinin seçimini bilimsel ve sistematik hale getirmektedir. Yüksek verimli fenotipleme sistemleri; klorofil floresansı, yaprak sıcaklığı, su kullanımı verimliliği ve kök morfolojisi gibi özellikleri otomatik olarak ölçebilmektedir (Kussul ve ark., 2017; Salmon ve ark., 2015; Shakoore ve ark., 2019;). Bu sistemlerde hiperspektral kameralar, RGB kameralar (kırmızı-yeşil-mavi renkli) ve termal görüntüleme sistemleri gibi çeşitli sensörler bütünleşmiş bir biçimde çalışmaktadır (Araus ve Cairns, 2014). Uzaktan algılama fenotipleme yöntemleri, çoğunlukla ürün tarafından yansıtılan (veya iletilen) görünür/yakın kızılötesi (VIS-NIR) radyasyon ve yayılan uzak kızılötesi (termal) radyasyon tarafından sağlanan bilgilere dayanan, tahribatsız, invaziv olmayan yaklaşımlardandır. Bu yöntemler, bilginin ürünün 'yakınında' toplanması anlamında 'proksimal' olarak adlandırılmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri, verim potansiyeli, kuraklık ve tuzluluk stresi gibi abiyotik ve hastalık-zararlılara duyarlılık gibi biyotik sınırlayıcı koşullara adaptasyon ve hatta kalite özellikleri dahil olmak üzere çok çeşitli ıslah hedefleri için yerinde tarama amacıyla kullanılabilir (Yu ve ark., 2021). Uzaktan algılama yaklaşımları kullanılarak farklı çevresel koşullar altında birçok özellik kategorisi ölçülebilmektedir.

Toprak ve su kalitesini ölçmeye yönelik sensör teknolojilerinin yanı sıra uzaktan algılama sistemleri kullanılarak, tuzluluk düzeyi ölçülebilmekte ve tuz stresine yönelik haritaların hazırlanması mümkün olabilmektedir. Multispektral kameralar, hiperspektral görüntüleme ve termal kameralarla stres göstergeleri izlenerek erkenden tespit edilebilmektedir (Yu ve ark., 2021).

Toprak içi elektriksel iletkenlik (EC) sensörleri, topraktaki iyonik tuz derişimini ölçmekte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sensörler, hassas tarım uygulamalarında alan bazlı tuzluluk haritalarının çıkarılmasını sağlamaktadır (Corwin ve Lesch, 2005). Sulama suyu kalitesi; pH, EC, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) gibi parametreler ile değerlendirilmektedir (Kesmez ve ark., 2008). Otomatik sulama sensör sistemleriyle bu parametreler izlenerek sulama öncesi suyun bitki türü açısından uygunluğu belirlenebilmektedir. Uzaktan algılama amacıyla kullanılan; dronlar, uydular ve sabit kulelerde konumlandırılmış multispektral kameralar sayesinde geniş alanlarda tuz stresi haritaları çıkarılabilmektedir. Özellikle Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar Endeksi (NDRE) gibi indeksler, bitki sağlığının erken uyarı sistemi olarak kullanılabilmektedir. EC sensör verileri, dron tabanlı NDVI haritaları ile birleştirilerek, tuz stresine maruz kalan bitki alanları erken aşamada belirlenebilmektedir (Yu ve ark., 2021; Gorji ve ark., 2019). Yu ve ark., (2021) tarafından süs bitkisi türlerinde (*Hibiscus rosa-sinensis* ve *Mandevilla splendens*) tuz stresi etkilerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, uzaktan spektral görüntüleme tekniğinin kullanımının etkili olduğu bildirilmiştir.

6.8. Yenilikçi Yıkama Uygulamaları

Son zamanlarda, dünya çapında tuzluluk krizini yönetmede çözüm olarak yenilikçi yıkama uygulamaları geliştirilmiştir. Yenilikçi yıkama tekniği; tuzun topraktan sızdırılması yoluyla bitkiler üzerinde neden olduğu olumsuz koşullardan etkilenmeksizin, rizosferin alt katmanlarına taşınması ilkesine dayanmaktadır. Böylece, bitkilere uygulamadan önce ya sulama suyunda ya da kök bölgesi toprağında düşük frekanslı bir elektromanyetik alan oluşturularak; suyun moleküler yapısını değiştirip iyonların çözünürlüğünü artırmakta, böylece bitkilerin suyu aynı anda bünyelerine almasını sağlamakta ve tuzun kök bölgesinin altına taşıyarak daha etkin tuz yıkaması gerçekleştirilmektedir (Cahn ve Bali, 2015). Türkiye’de yapılan bir çalışmada toprağın bünyesindeki ya da

kil taneciklerin yüzeyinde tutunan farklı tuz moleküllerinin elektromanyetik alanlarla ayrıştırılması yoluyla uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu bağlamda, tuzluluk sorunun yaygın olduğu Özbekistan ve Tunus'ta gerçekleştirilen yenilikçi yıkama uygulamalarına yönelik çalışmalarda ise; toprak tuzluluğunu hızla değerlendirmek için elektromanyetik indüksiyon ölçer (EM) kullanılmıştır. Bu yaklaşımla, elektromanyetik alanla muamele edilmiş sulama suyu kullanılarak, topraktaki tuzların yıkama verimliliği artırılmıştır. Deneysel sonuçlar, EM-muameleli su ile yıkanan topraklarda hem tuz iletiminde hem de su tutma kapasitesinde belirgin iyileşmelerin olduğu yönündedir (Bouhlef ve ark., 2024). Ayrıca, toprak tuzluluğunun giderilmesi amacıyla gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise yenilikçi yıkama yaklaşımı amacıyla “bulanık uzman sistem” modeli kullanılarak, toprak yapısına ve mevcut tuzluluk düzeyine göre yıkama suyunun doğru zamanda ve miktarda gerçekleştirilen ideal uygulamalarıyla tuzluluğun gideriminde yüksek etkinlik oranlarına ulaşılabileceği de bildirilmiştir. Bulanık mantık temelli bu stratejik yaklaşım sistemiyle yıkama suyunun miktar ve zamanının optimize edilmesi üzerine yapılan deneysel modelleme çalışmaları, bu yaklaşımı destekler nitelikte sonuçlar vermiştir (Mikail, 2007).

Cahn ve Bali, (2015); Bouhlef ve ark., (2024) ile Mikail (2007) tarafından geliştirilen, elektromanyetik sulama suyu uygulamaları ve bulanık mantık temelli doz optimizasyonu kombinasyonunun birlikte değerlendirileceği yaklaşımlarda, toprak tuzluluğunun azaltılmasında hem su tasarrufunun sağlandığı hem de olumsuz çevresel etkisinin minimize edildiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Fattah, M.K. (2019). Reclamation of saline-sodic soils for sustainable agriculture in Egypt. Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part II: Soil-Water-Plant Nexus, 69-92.
- Abd-El Moniem, E.A., Abd-Allah, A.S.E. (2008). Effect of Green Alga Cells Extract as Foliar Spray on Vegetative Growth, Yield and Berries Quality of Superior Grapevines. J. Amer. Eur. Agric. Environ. Sci., 4(4):427-433.
- Abideen, Z., Koyro, H. W., Huchzermeyer, B., Bilquees, G., & Khan, M.A. (2020). Impact of a biochar or a biochar-compost mixture on water relation, nutrient uptake and photosynthesis of *Phragmites karka*. Pedosphere, 30(4): 466–477.
- Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M. et al. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. Environmental Science and Pollution Research, 22: 8148–8162.
- Ahmad, M., Zahir, Z.A., Khalid, M., Nazli, F., Arshad, M. (2013). Efficacy of *Rhizobium* and *Pseudomonas* strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields. Plant Physiol. Bioch., 63:170–176.
- Ahmad, P., Ahanger, M.A., Alyemeni, M.N., Wijaya, L., Egamberdieva, D., Bhardwaj, R., Ashraf, M. (2017). Zinc application mitigates the adverse effects of NaCl stress on mustard (*Brassica juncea* (L.) czern & coss] through modulating compatible organic solutes, antioxidant enzymes, and flavonoid content, J. Plant Interact., 12:429–437.
- Ahmad, P., Jaleel, C. A., Sharma, S. (2010). Antioxidative defence system, lipid peroxidation, proline metabolizing enzymes and biochemical activity in two genotypes of *Morus alba* L. subjected to NaCl stress. Russ. J. Plant Physiol., 57:509–517.
- Ahmad, R., Lim, C.J., Kwon, S.Y. (2013). Glycine betaine: a versatile compound with great potential for gene pyramiding to improve crop plant performance against environmental stresses. Plant Biotechnol. Rep., 7:49–57.
- Ahmed, M., Tóth, Z., Decsi, K. (2024). The Impact of Salinity on Crop Yields and the Confrontational Behavior of Transcriptional Regulators,

- Nanoparticles, and Antioxidant Defensive Mechanisms under Stressful Conditions: A Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 25(5):2654.
- Akat, H. (2012). Tuz Stresi koşullarında yetiştirilen *Limonium sinuatum* (Statice) bitkisinde kalsiyum uygulamalarının verim ve gelişim üzerine etkisi. Doktora tezi, Ege Üniv. Fen Bil. Ens., İzmir, 158 s.
- Akat, H. (2020). Effects of mycorrhizal inoculation on growth and some quality parameters of *Matthiola incana* (L.) cultivation under salt stress. *Journal of Environmental Biology (JEB)*, Special Issue, 41(2):375-381.
- Akat, H., Akat Saracoglu, O., Çakar, H. (2020a). Yield Response of *Limonium sinuatum* Cultivars Under Salinity Stress. *Journal of Environmental Biology (JEB)*, Special Issue 41(2):302-309.
- Akat, H., Altunlu, H., Akat Saraçoğlu, Ö., Yağmur, B. (2020b). The Effect of Mycorrhiza Applications on Plant Growth and Some Stress Parameters in *Cupressus arizonica* "Glauc" Variety under Salt Stress Conditions, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 57(4):511-517.
- Akat, H., Özzambak, M.E. (2013). Örtü Altı Tuzlu Koşullarda Yetiştirilen *Limonium sinuatum* Bitkisinde Kalsiyum Uygulamalarının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 10(1):48-58.
- Akat, H., Özzambak, M.E. (2014). Açık Alanda Tuzlu Koşullarda Yetiştirilen *Limonium sinuatum* Bitkisinde Kalsiyum Uygulamalarının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 51(1):59-68.
- Akat, Ö. (2008). Farklı Tuzluluk Düzeyleri ve Yıkama Oranlarının *Gerbera* Bitkisinde Gelişim, Verim, Kalite ve Su Tüketimi Üzerine Etkileri. Doktora tezi, Ege Üniv. Fen Bil. Ens., İzmir, 231 s.
- Akat Saraçoğlu, Ö., Çakar, H. (2023a). Muğla Tuzcul Alanlarındaki Kurakçıl Peyzaj Çalışmalarında Kullanılabilecek Çim Türleri, *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Araştırma ve Derlemeler*, Eds. Ali Musa Bozdoğan ve Nigar Yarpuz Bozdoğan, Platanus Yayınevi, Bölüm 9, s. 161-188, Ankara.
- Akat Saraçoğlu, Ö., Çakar, H. (2023b). Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape) Uygulamalarında Kullanılan Sulama Sistemlerinin İrdelenmesi, *Ziraat ve Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler Cilt-1*, Ed. Koray Özrenk, Serüven Yayınevi, Bölüm 15, s. 253-278, Ankara.

- Akat Saraçoğlu, Ö., Meriç, M.K., Tüzel, İ.H., Kukul Kurttaş, Y.S. (2019). Responses of *Gerbera jamesonii* Plants to Different Salinity Levels and Leaching Ratios When Grown in Soilless Culture. Plant Abiotic Stress Tolerance: Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches. (Eds. M. Hasanuzzaman, K.R. Hakeem, K. Nahar, H. Alharby), Springer Nature, pp:357-379.
- Akıncı, Ş. (2023). Contribution from Nature to Agricultural Ecosystems: Humic Substances. Ecol Conserv Sci., 3(1):555-602.
- Akınoğlu, G. (2025). Tarımda Tuzluluk Stresi Yönetimi: Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Rolü. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler (Eds. Prof. Dr. S. Çilek, Doç. Dr. İ. Bolat, Doç. Dr. M. Öztürk), Gece Kitaplığı Yayınları, 45-64 syf.
- Al-Karaki Ghazi, N. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza, 10:51-54.
- Altunlu, H. (2019). Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kapsa Biberde (*Capsicum annuum* L.) Fide Gelişimi ve Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 56(2):139-146.
- Altynbay, N., Tastambek, K., Akimbekov, N., Digel, I., Tagayev, K., Kamenov, B., Liu, X. (2024). A Comprehensive Review on Enhancing Saline Soil Reclamation Efficiency Through Bacterial Solubilization of Low-Rank Coal. Engineered Science, 30:1147.
- Araus, J.L., Cairns, J.E. (2014). Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. Trends in Plant Science, 19(1):52–61.
- Asfaw, E., Suryabagavan, K.V., Argaw, M. (2018). Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17(3):250–258.
- Ashraf, M., Karim, F., Rasul, E. (2002). Interactive effects of gibberellic acid (GA₃) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Plant Growth Regulation, 36: 49-59.
- Bahçeci B., Tarı, A.F., Bahçeci, İ. (2021). Burdur Gölü tuzlu ve borlu toprakların ıslahı için gerekli yıkama suyu miktarı ve ıslah süresi. Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi, 36(2):289-300.

- Bilginer, N. (2019). Bitki Büyüme Düzenleyicilerin Fesleğen (*Ocimum Basilicum* L.)’de Tuz Stresi ve Antioksidan Bileşenler Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bil. Enst., Biyoloji Ana Bilim Dalı, 68 s.
- Bouhlef, M., Khaskhoussy, K., Hachicha, M. (2024). Improvement of Salt Leaching Efficiency and Water Content of Soil Through Irrigation with Electro-Magnetized Saline Water. *Water*, 16(20):3010.
- Bouzouina M., Kouadria R., Lotmani B. (2021). Mantar endofitleri, buğdayda büyüme, iyon homeostazı ve ozmoregülasyon açısından tuz stresini hafifletir. *J. Appl. Microbiol.*, 130(3):913–925
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 195(3):675–698.
- Cahn, M., Bali, K. (2015). Drought Tip: Managing Salts by Leaching; University of California: Los Angeles, CA, USA.
- Cha, J.S., Park, S.H., Jung, S.C., Ryu, C., Jeon, J.K., Shin, M.C., & Park, Y.K. (2016). Production and utilization of biochar: A review. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 40:1–15.
- Chandrasekaran, M., Boughattas, S., Hu, S., Oh, S.H., Sa, T. (2014). A meta-analysis of arbuscular mycorrhizal effects on plants grown under salt stress. *Mycorrhiza*, 24(8):611-25
- Corwin, D.L., Lesch S.M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 46:11-43.
- Çakar, H., Akat Saraçoğlu, Ö., Köse, M. (2022). Kentsel Açık-Yeşil Alanlarda Oluşan Bitki Artıklarının Değerlendirilmesi, *Peyzaj Mimarlığı Çalışmalarında Güncel Yaklaşımlar I*, Ed. Kübra Yazıcı, İksad yayınevi, Bölüm 5, s. 95-109, Ankara.
- Çelik, Y., Yarşi, G., Özarslandan, A. (2019). Mikorizaların Bitkilerde Stres Mekanizması Üzerine Etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 2(1):1-11.
- Debode, J., Ebrahimi, N., D’Hose, T., Cremelie, P., Viaene, N., Vandecasteele, B. (2020). Has compost with biochar added during the process added value over biochar or compost to increase disease suppression? *Applied Soil Ecology*, 153:103571.

- Dehni, A., Lounis, M. (2012). Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: Application to the Oran region of Algeria. *Procedia Engineering*, 33:188–198
- Deliboran, A., Savran, Ş. (2015). Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(1):57-61.
- Didi, D. A., Su, S., Sam, F. E., Tiika, R. J., Zhang, X. (2022). Effect of Plant Growth Regulators on Osmotic Regulatory Substances and Antioxidant Enzyme Activity of *Nitraria tangutorum*. *Plants*, 11(19):2559.
- Dimkpa, C.O., Bindraban, P.S. (2016). Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1):7.
- Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S.D., Mishra, J. and Arora, N.K. (2019). Salt-Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Enhancing Crop Productivity of Saline Soils. *Front. Microbiol.*, 10:2791.
- Elansary, H.O., Yessoufou, K., Abdel-Hamid, A.M., El-Esawi, M.A., Ali, H.M., Elshikh, M.S. (2017). Seaweed extracts enhance salam turfgrass performance during prolonged irrigation intervals and saline shock. *Front. Plant Sci.*, 8: 830.
- Er, H., Meral, R., Kuşlu, Y. (2021). Tuzlu Toprakların Halofit Bitkiler Kullanarak Fitoremediasyon Yöntemiyle İyileştirilmesi Olanaklarının Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Scientific Review*, 14(2):101-110,
- Erkul, A. (2025). Prolin ve Stres Toleransındaki Önemi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 12(2): 231-238, DOI: 10.19159/tutad.1699873.
- Etesami, H., Maheshwari, D.K. (2018). Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 156:225-246.
- Flowers, T.J., Yeo, A.R. (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next? *Australian Journal of Plant Physiology*, 22(5):875–884.
- Garcia, M.E., Aboal, M. (2014). Environmental gradients and macroalgae in Mediterranean marshes: the case of Pego-Oliva marsh (East Iberian Peninsula). *Science of The Total Environment*, 475:216-224.
- Garza-Torres, R., Troyo-Diéguez, E., Nieto-Garibay, A., Lucero-Vega, G., Magallón-Barajas, F.J., García-Galindo, E., Fimbres-Acedo, Y., Murillo-Amador, B. (2020). Environmental and Management

- Considerations for Adopting the Halophyte *Salicornia bigelovii* Torr. As a Sustainable Seawater-Irrigated Crop. *Sustainability*, 12(2):707.
- Giri, B., Varma, A. (2019). *Microorganisms in saline environments: strategies and functions*. Springer International Publishing, Volume:56, 466 pages.
- Gorji, T., Yıldırım, A., Sertel, E., Tanık, A. (2019). Remote sensing approaches and mapping methods for monitoring soil salinity under different climate regimes. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6(1):33-49.
- Greenway, H., Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annual Review in Plant Physiology*, 31:149-190.
- Guo, J., Khan, S., Cho, S. H., & Kim, J. (2019). ZnS nanoparticles as new additive for polyethersulfone membrane in humic acid filtration. *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, 79:71-78.
- Guo, J., Shan, C., Zhang, Y., Wang, X., Tian, H., Han, G., Zhang, Y., Wang, B. (2022). Mechanisms of Salt Tolerance and Molecular Breeding of Salt-Tolerant Ornamental Plants. *Front Plant Sci.*, 27(13):854116.
- Gururani, M.A., Mohanta, T.K., Bae, H. (2015). Current understanding of the interplay between phytohormones and photosynthesis under environmental stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(8):19055-19085. DOI: 10.3390/ijms160819055.
- Hamdy, A. (1996). *Saline Irrigation: Assessment and Management Techniques*. Halophytes and Biosaline Agriculture, (Eds. R. Chour-Allah, C.V. Malcom, A. Hamdy), Publising Marcel Dekker, pp:147-181.
- Hasanuzzaman, M., Raihan, M.R.H., Masud, A.A.C., Rahman, K., Nowroz, F., Rahman, M., Nahar, K., Fujita, M. (2021). Regulation of Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Salinity. *Int. J. Mol. Sci.*, 22(17):9326.
- Hayat, K., Bundschuh, J., Jan, F., Menhas, S., Hayat, S., Haq, F., Shah, M.A., Chaudhary, H.J., Ullah, A., Zhang, D., Zhou, Y., Zhou, P. (2019). Combating soil salinity with combining saline agriculture and phytomanagement with salt-accumulating plants. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(11):1085–1115.
- Hoffman, G.J., Shannon, M.C. (2007). Salinity. In *Developments in Agricultural Engineering*; Lamm, F.R., Ayars, J.E., Nakayama, F.S., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 13:131–160.

- Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(1):7-10.
- Kang, G., Li, G., Zheng, B., Han, Q., Wang, C., Zhu, Y., Guo, T. (2012). Proteomic analysis on salicylic acid-induced salt tolerance in common wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1824(12):1324-1333.
- Kapoor, R., Soni, K., Sharm, A. (2024). Impact of Salinity Stress on Agricultural Crops: Responses and Challenges. *Fundamentals of soil Science*, Vol. 2, Golden Leaf Publishers, ISBN 978-81-19906-39-0.
- Kesmez, G.D., Scott M. Lesch, S.M., Suarez, D.L., Ünlükara, A., Yurtseven, E. (2008). Tarım Alanlarında Tuzluluğun Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. Sulama Tuzlanma Toplantısı, Şanlıurfa, Türkiye, 01-04 Haziran 2008, 1:207-218.
- Khan, M.I., Shin, J.H. & Kim, J.D. (2018). The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microb. Cell Fact.*, 17(36).
- Kim, H.S., Kim, K.R., Yang, J.E., Ok, Y.S., Owens, G., Nehls, T., Wessolek, G., Kim, K.H. (2016). Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, 142:153–159.
- Kumar, M., Pursty, M.R., Pandey, M.K., Singh, P.K., Bohra, A., Guo, B., Varshney, R.K. (2023). Application of CRISPR/Cas9-mediated gene editing for abiotic stress management in crop plants. *Fron. Plant Sci., Sec. Plant Abiotic Stress*, Vol. 14.
- Kussul, N., Lavreniuk, M., Skakun, S., Shelestov, A. (2017). Deep Learning Classification of Land Cover and Crop Types Using Remote Sensing Data. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 14:778–782.
- Le Houérou, H.N. (1992). The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: A review. *Agroforestry Systems*, 18:107–148.
- Li, Y., Wang X., Liu H., Tian Y., Lian, J., Yang, R., Hao, S., Wang, X., Yang, S., Li, Q., Qi, S., Kui, L., Okpekum, M., Ma, X., Zhang, J., Ding, Z.,

- Zhang, G., Wang, W., Dong, Y., Sheng, J. (2015). The Genome of *Dendrobium officinale* Illuminates the Biology of the Important Traditional Chinese Orchid Herb. *Mol. Plant*, 8:922–934.
- Lin, T., Haider, F. U., Liu, T., Li, S., Zhang, P., Zhao, C., Li, X. (2025). Salt Tolerance Induced by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Is Associated with Modulations of the Photosynthetic Characteristics, Antioxidant System, and Rhizosphere Microbial Diversity in Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Agronomy*, 15(2):341.
- Ma, Y., Freitas, H., Dias, M.C. (2022) Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. *Front. Plant Sci., Sec. Plant Abiotic Stress*, Vol.13.
- Machado, R.M., Bryla, D.R., Vargas., O. (2014). Effects of salinity induced by ammonium sulfate fertilizer on root and shoot growth of highbush blueberry. *Acta Horticulture*, 1017:407-414.
- Margarita, S., Sviatoslav, M., Yelena, O., Makhpal, Y. (2023). Can salt-adapted microorganisms alleviate salt stress in plants and enhance their non-specific resilience? *Front. Agron., Sec. Plant-Soil Interactions*, Volume 5.
- Marschner, H., Waisel, Y., Eshel, A. (2002). Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In *The Plant Roots, the Hidden Half* (Eds. Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi), pp. 503–528. Marcel Dekker, Publ., New York.
- Maslenkova, L.T., Zanev, Y., Popova, L.P. (1989). Effect of abscisic-acid on the photosynthetic oxygen evolution in barley chloroplasts. *Photosynthesis Research*, 21:45-50.
- Matuszak-Slamani, R., Bejger, R., Cieśła, J. et al. (2017). Influence of humic acid molecular fractions on growth and development of soybean seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 83(3):465–477.
- Maurya, N., Sharma, A., Sundaram, S. (2024). The Role of PGPB-Microalgae interaction in Alleviating Salt Stress in Plants. *Curr Microbiol.*, 81:270.
- Medi, H.H., Manea, A.I. (2020). Effect of spraying with seaweed extract and organic fertilization on growth and yield of cultivars for green beans. *Indian J. Ecol.*, 47:275-280.

- Miceli, A., Moncada, A., Vetrano, F. (2021). Use of Microbial Biostimulants Increase the Salinity Tolerance of Vegetables Transplants. *Agronomy*, 11(6):1143.
- Mikail, R., 2007. Tuzlu Toprakların Islahı İçin Bir Bulanık Uzman Sistem Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.
- Millaleo, R., Reyes-Díaz, M., Ivanov, A. G., Mora, M. L., & Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(4):470-480.
- Mohanavelu, A., Naganna, S.R., Al-Ansari, N. (2021). Irrigation Induced Salinity and Sodicity Hazards on Soil and Groundwater: An Overview of Its Causes, Impacts and Mitigation Strategies. *Agriculture*, 11(10):983.
- Munir, N., Hasnain, M., Roessner, U., Abideen, Z. (2021). Strategies in improving plant salinity resistance and use of salinity resistant plants for economic sustainability. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(12):2150–2196.
- Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59:651-681.
- Nadeem, S.M, Ahmad M, Zahir ZA, Javaid A, Ashraf M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, 32(2):429-48.
- Nair, V.D., Nair, P., Dari, B., Freitas, A.M., Chatterjee, N., Pinheiro, F.M. (2017). Biochar in the agroecosystem-climate-change-sustainability nexus. *Frontiers in Plant Science*, 8:2051.
- Nasim, W., Ahmad, A., Amin, A., Tariq, M., Awais, M., Saqib, M., et al. (2018). Radiation efficiency and nitrogen fertilizer impacts on sunflower crop in contrasting environments of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25:1822-1836. DOI: 10.1007/s11356-017-0592-z.
- Niu, X., Song, L., Xiao, Y., Ge, W. (2018). Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agro

- ecosystem and their potential in alleviating drought stress. *Front. Microbiol., Sec. Microbial Symbioses*, Volume:8.
- Olgaç, Y., Kasım, R., Kasım, M.U. (2022). Süs Bitkilerinde Arbusküler Mikoriza Kullanımı. *Bursa Uludağ Üniv. Zir.Fak. Derg.*, 36(2):479-497.
- Olur, Ü., Uçar, C., Akköprü, A. (2021). Tuz stresi altında gelişen bitkilerden izole edilen endofit bakterilerin bazı bitki gelişimini teşvik etme mekanizmalarının ve hıyar fide gelişimine etkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniv. Tarım Bil. Derg.*, 26(3):635-648.
- Oosterhuis, D.M., Upchurch, R.E. (2010). The impact of salinity on agricultural crops. In *Advances in Agronomy*, 107:165–207.
- Osman, K.T. (2018). *Management of Soil Problems*. 1st ed. Switzerland: Springer International Publishing A.G., 474 p. DOI: 10.1007/978-3-319-75527-4.
- Öztürk, M., Altay, V., Güvensen, A. (2019). Sustainable use of halophytic taxa as food and fodder: an important genetic resource in Southwest Asia. *Ecophysiology, abiotic stress responses and utilization of halophytes*, 235-257.
- Qadir, M., Oster, J.D., Schubert, S., Noble, A.D., Sahrawat, K.L. (2007). Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy*, 96:197-247.
- Qadir, M., Schubert, S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation & Development*, 13(4):275-294.
- Quamme, H.A. and Stushinoff, C. (1983). Resistance to Environmental Stress. In: *Methods in Fruit Breeding*, (Eds. J.N. Moore, J. Janick). Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, pp.242-266.
- Rawat, J., Saxena, J., Sanwal, P. (2019). Biochar: A sustainable approach for improving plant growth and soil properties. In *Biochar-An Imperative Amendment for Soil & the Environment*. 1-17.
- Riseh, R.S, Ebrahimi-Zarandi, M., Tamanadar, E., Pour, M.M, Thakur, V.K. (2021). Salinity Stress: Toward Sustainable Plant Strategies and Using Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Encapsulation for Reducing It. *Sustainability*, 13(22):12758.
- Roy, S., Chowdhury, N. (2020). Salt Stress in Plants and Amelioration Strategies: A Critical Review. *Abiotic Stress in Plants* (Eds. Shah Fahad,

- Shah Saud, Yajun Chen, Chao Wu and Depeng Wang). DOI: 10.5772/intechopen.93552.
- Salmon, J.M., Friedl, M.A., Froking, S., Wisser, D., Douglas, E.M. (2015). Global Rain-Fed, Irrigated, and Paddy Croplands: A New High Resolution Map Derived from Remote Sensing, Crop Inventories and Climate Data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 38:321–334.
- Sarkar, A., Ghosh, P. K., Pramanik, K., Mitra, S., Soren, T., Pandey, S., Mondal, M.H., Maiti, T.K. (2018). A halotolerant *Enterobacter* sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress. *Microbiol. Res.*, 169(1):20–32.
- Sevgican, A. (2002). Örtüaltı sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt – II, E.Ü.Z.F. Yayınları, İzmir.
- Shabala, S., Cuin, T.A. (2008). Potassium Transport and Plant Salt Tolerance. *Physiologia Plantarum*, 133:651-669.
- Shakoor, N., Northrup, D., Murray, S., Mockler, T.C. (2019). Big Data Driven Agriculture: Big Data Analytics in Plant Breeding, Genomics, and the Use of Remote Sensing Technologies to Advance Crop Productivity. *Plant Phenome Journal*, 2:1–9.
- Sharma, S., Kulkarni, J., Jha, B. (2016). Halotolerant rhizobacteria promote growth and enhance salinity tolerance in peanut. *Front. Microbiol. Sec. Plant Pathogen Interactions*, Volume 7:1600.
- Shaygan, M., Baumgartl, T. (2022). Reclamation of Salt-Affected Land: A Review. *Soil Syst.*, 6(3): 61.
- Shaygan, M., Reading, L.P., Arnold, S., Baumgartl, T. (2018). Modeling the effect of soil physical amendments on reclamation and revegetation success of a saline-sodic soil in a semi-arid environment. *Arid. Land Res. Manag.*, 32(4):1-28.
- Shukla P.S., Borza, T., Critchley, A.T., Hiltz, D., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2018). *Ascophyllum nodosum* extract mitigates salinity stress in *Arabidopsis thaliana* by modulating the expression of miRNA involved in stress tolerance and nutrient acquisition. *PLoS One*, 29:13(10).
- Singh, R.P., Jha, P.N. (2016). The multifarious PGPR *Serratia marcescens* CDP-13 augments induced systemic resistance and enhanced salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS ONE*, 11(6): e0155026.

- Singh, R.P., Setia, R., Verma, V.K., Arora, S., Kumar, P., Pateriya, B. (2017). Satellite remote sensing of salt-affected soils: Potential and limitations. *Journal of Soil Water Conservation*, 16(2): 97-107.
- Smith, S.E., Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic press., 3rd Editions, 1-9.
- Sonneveld, C. (2001). Effects of Salinity on Substrate Grown Vegetables and Ornamentals in Greenhouse Horticulture. Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 151 p.
- Spark, D.L. (2002). *Environmental Soil Chemistry*. 2nd ed. UK: Academic Press, 52 p.
- Sultana, Md.T., Mahmudb, U., Khanc, Md.Z. (2023). Addressing soil salinity for sustainable agriculture and food security: Innovations and challenges in coastal regions of Bangladesh. *Future Foods*, Volume. 8.
- Şahin, M. (2014). Bitki Gelişimini Arttıran Kök Bakterileri (PGPR). *Apelasyon*, Mayıs 2014, Sayı: 4.
- Tabur, S., Avci, Z. D., Özmen, S. (2020). Exogenous salicylic acid application against mitodepressive and clastogenic effects induced by salt stress in barley apical meristems. *Biologia*, 76: 1–10. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00573-0>
- Tarolli, P., Luo, J., Park, E., Barcaccia, G., Masin, R. (2024). Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering. *IScience*, 27(2):108830
- Taşan, M. (2021). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk. Tarım Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, (22.12.2021).https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/BGT/Sulama_suyu_kalitesi_ve_tuzluluk.pdf (Erişim Tarihi: 30.06.2025)
- Tuna, A.L., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgs, D. (2008). The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plant. *Environmental and Experimental Botany*, 62(1):52–59.
- Tunç, G., Kaman, H. (2022). Tarım Topraklarında Tuzluluk Sorunu. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 10(11):2232-2236.
- Turhan, H., Başer, İ. (2001). Toprak tuzluluğu ve bitki gelişimi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1):171-179.

- Ullah, M. A., Aamir, S. S., Haider, H., Adil, B., Ali, I., Mahmood, B-U-Z., Hyder, S. I. (2018). Effect of salinity, humic acid, biozote and vermicompost on soil physicochemical properties and olive plants species. *Agricultural Science and Practice*, 3(2):27–32.
- Yadav, S.K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatin in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2):167-179.
- Yang, T., Cherchian, S., Liu, X., Shahrokhnia, H., Mo, M., Šimůnek, J., Wu, L. (2023). Effect of water application methods on salinity leaching efficiency in different textured soils based on laboratory measurements and model simulations. *Agricultural Water Management*, Vol.: 281.
- Yakıt, S., Tuna, A.L. (2006). Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın Etkileri. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 19(1): 59-67.
- Yensen, N.P., Biel, K.Y. (2008). Soil Remediation Via Salt-Conduction And The Hypotheses Of Halosynthesis And Photoprotection. (Eds. M.A. Khan and D.J. Weber), *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*, 313-344.
- Yıldırım, B. (1981). Eskişehir Beylikahır Yöresi Tuzlu Sodyumlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Jips Yıkama Suyu Miktarı ve Islahı Süresinin Tespiti. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 167 (Erişim tarihi: 19.08.2025)
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri, Celal Bayar Üniv. Fen Bil. Derg., 7(1):47–66.
- Yu, H., Luo, D., Li, S.F.Y., Qu, M., Da Liu, D., He, Y., Cheng, F. (2023). Interpretable machine learning-accelerated seed treatment by nanomaterials for environmental stress alleviation. *Nanoscale*, 32.
- Yu, X., Her, Y., Chang, A., Song, J.H., Campoverde, E.V., Schaffer, B. (2021). Assessing the Effects of Irrigation Water Salinity on Two Ornamental Crops by Remote Spectral Imaging. *Agronomy*, 11(2):375.
- Zahir, Z.A., Arshad, M., Frankenberger, W.T. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in Agriculture. *Advances in Agronomy*, 81:97-168.

- Zelm, E.V., Zhang, Y., Testerink, C. (2020). Salt Tolerance Mechanisms of Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71:403-433.
- Zhang, A., Liu, Y., Wang, F., Li, T., Chen, Z., Kong, D., Bi, J., Zhang, F., Luo, X., Wang, J. (2019). Enhanced rice salinity tolerance via CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the OsRR22 gene. *Molecular Breeding*, 39(3): 1-10.
- Zhang, P., Zhou, J., He, D., Yang, Y., Lu, Z., Yang, C., Zhang, D., Li, F., Wang, J. (2024). From Flourish to Nourish: Cultivating Soil Health for Sustainable Floriculture. *Plants*, 13(21):3055.
- Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J.K., Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The Innovation*, 2(4):100017.
- Zhao, Q., He, L., Wang, B., Liu, O., Pan, Y., Zhang, F., Jiang, B., Zhang, L. (2019). Overexpression of a Multiprotein Bridging Factor 1 Gene *DgMBF1* Improves the Salinity Tolerance of *Chrysanthemum*. *International Journal of Molecular Science*, 20(10):2453.
- Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 53:247-273.
- Zulfiqar, F., Ashraf, M. (2021). Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 160: 257-268.
- Zulfiqar, F., Younis, A., Abideen, Z., Francini, A., Ferrante, A. (2019). Bioregulators can improve biomass production, photosynthetic efficiency and ornamental quality of *Gazania rigens* L. *Agronomy*, 9(11):773.

BÖLÜM 11

KONYA – CİHANBEYLİ HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN MEKÂNSAL ANALİZİ VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ^{1*}

Arş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM²
Prof. Dr. Havva Eylem POLAT³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17161560>

¹ Bu kitap bölümü çalışması yazarın Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Prof. Dr. Havva Eylem POLAT danışmanlığında 2022 yılında hazırlanan Konya-Cihanbeyli hayvancılık işletmelerinin mekansal analizi ve çevre kirliliği potansiyelinin belirlenmesi isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, Türkiye. acyildirim@ankara.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-1049-437X

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, Türkiye. epolat@ankara.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-2159-0666

* Bu çalışma Prof. Dr. Havva Eylem POLAT danışmanlığında yürütülmüş olan, Araş. Gör. Ahmet Cengiz YILDIRIM'ın "*Konya – Cihanbeyli Hayvancılık İşletmelerinin Mekânsal Analizi Ve Çevre Kirliliği Potansiyelinin Değerlendirilmesi*" isimli tezinden üretilmiştir.

1.GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusu hızla artmaktadır. Şu anda, dünya nüfusu yakın geçmişte olduğundan daha yavaş olsa da artmaya devam etmektedir. On yıl önce, dünya nüfusu yılda % 1.24 artarken günümüzde bu değer % 1.18 civarındadır. Bu artış yılda yaklaşık olarak 83 milyon kişiye denk gelmektedir. Dünya nüfusunun ilerleyen 15 yıllık zaman diliminde 1 milyardan fazla artış göstereceği, 2030 yılında 8.5 milyar, 2050'de 9.7 milyar ve 2100 yılına gelindiğinde ise 11.2 milyar olacağı öngörülmektedir (Anonim 2022a). Dünya nüfustaki artışla birlikte tarımsal ürünlere olan gereksinim de artacaktır. Ortaya çıkan bu talebi karşılamak için tarım sektöründe verimi arttırmak zorunlu bir hal almıştır. Hayvancılık sektörü Türkiye'de tarım alanında ve ekonomide önemli bir yer tutmaktadır ve ciddi bir potansiyele sahiptir. İşletmelerin hayvancılık faaliyetleri, işletmecilik karında meydana gelen artış, bitkisel üretimden ortaya çıkan ürünlerin değerlendirilmesi, verimlilik artışı, doğal ve ekonomik koşullar ile ortaya çıkabilecek risk faktörünü azaltmak vb. gibi yararlar sağlamaktadır (Vural ve Fidan, 2007). Ülkemizde başlıca hayvansal protein kaynakları et, süt ve yumurtadır. Ülkemizde 1980'lerin başına kadar olan sürede, büyükbaş hayvan yetiştiriciliği aile işletmeleri şeklinde yapılmıştır. 1980 yılından sonra ise büyükbaş hayvan işletmeleri ekonomik büyüklüğe sahip işletmeler şeklinde kurulmaya başlanmıştır. Son yıllarda sağlanan devlet desteklerinin artmasıyla birlikte büyük kapasiteli modern işletmelerinin sayısı hızla artmıştır. Ülkemizde üretilen kırmızı etin yaklaşık olarak %90'ı, üretilen sütün ise yaklaşık %91'i büyükbaş hayvanlardan karşılanmaktadır (Anonim 2020a). Türkiye'de günlük kişi başına hayvansal protein tüketim miktarı 26 gram kadardır. Bu protein miktarının; % 35'i (9.1g) etten, %51'i (13.2 g) sütten, ve %14'ü (3.6 g) yumurtadan sağlanmaktadır (Tüzemen 2018).

Dünya nüfusunda son yıllarda gerçekleşen üç kat artış, suyun da altı kat fazla kullanımına yol açmıştır. Günümüzde artan nüfusla beraber değişen iklim koşulları su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Türkiye, sahip olduğu su kaynakları açısından su zengini bir ülke değildir. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1350 m³ dolayındayken; su zengini olan ülkelerde, kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 10000 m³'ün üzerindedir. Türkiye'nin nüfusunun 2030 yılına gelindiğinde 100 milyona

ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 1000 m³ dolayında olacağı tahmin edilmektedir (Anonim 2022b).

Ülkemizde 112 milyar m³ kullanılabilir su kaynağı mevcuttur. Bu su kaynağının kullanım oranı yaklaşık % 39'dur. Kullanılan suyun 32 milyar m³'lük kısmı sulamada, 7 milyar m³'lük kısmı kentsel tüketimde ve 5 milyar m³'lük kısmı sanayide kullanılmaktadır. Bu durumda ülkemiz su kaynaklarının yaklaşık % 73'ünü sulama, % 11'ini sanayi, % 16'sını kentsel tüketim için kullanılmaktadır. Dünyada ise; su kaynaklarının kullanım durumuna bakıldığında, % 70'inin sulama, % 22'sinin kentsel kullanım ve % 8'inin sanayi olduğu görülmektedir. Avrupa'da ise; % 33'ü sulamada, % 51'i kentsel kullanımda ve % 16'sı sanayide kullanılmaktadır (Anonim 2018).

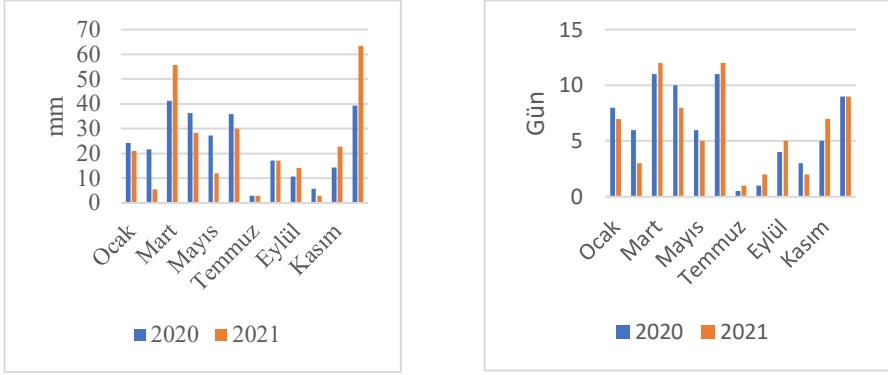
Tarım sektöründe verim artışı sağlarken, diğer yandan yoğun tarımsal uygulamalar ile temel çevre kirliliği sorunları ortaya çıkmaktadır. Bugüne kadar kırsal alanda yapılan çalışmalar, yoğun tarımsal faaliyet alanları ile kentleşme için ayrılan alanların zamanla iç içe geçtiğini göstermiştir. Tarım işletmelerinin kurulduğu alanlar çevre kirliliğini önleme bakımından su kaynaklarına, yerleşim yerlerine ve doğal sit alanlarına belirli bir uzaklıkta olması gerekmektedir. Aynı şekilde yerleşim için ayrılan alanları, tarımsal üretim sahaları içerisinde olmamalıdır. Bu iç içe geçmiş durum, doğal kaynaklar, özellikle de su kaynakları üzerinde önemli bir kirlilik potansiyeli oluşturmaktadır. Keller ve ark. (2014) ve Kourakos ve ark. (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada noktasal olmayan kaynak kirliliğinin tüm dünyada su kaynaklarının kalitesini önemli ölçüde etkileyen ciddi bir sorun olarak tanımlamışlardır. Liu ve ark. (2009) yapmış oldukları çalışmada, noktasal olmayan kaynaklı tarımsal kirliliğe, azot ve fosforlu gübreler, pestisitler ve yüzey akış veya tarımsal atık suların deşarjıyla toprağa sızan organik ve inorganik besin maddelerinin sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Dünya yüzeyinin %30 ila 50'si tarım kaynaklı noktasal olmayan kaynak kirliliğinden etkilenmiştir (Bernhardt ve ark., 2005; Wang ve ark., 2019). Dünya genelinde su kullanımının artmasıyla birlikte ortaya çıkan atık suların doğal kaynaklara deşarjı sonucunda önemli çevre kirliliği sorunları oluşmaktadır. Matteo-Sagasta ve Turrall (2018) yapmış oldukları çalışmada, tarım sektöründeki yaşanan gelişmelerin neticesinde gübre, pestisit ve diğer kirlletici faktörlerin çiftliklerden su kütlelerine doğru olan hareketini arttırdığını bildirmişlerdir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan su kirliliğine başlıca neden

olan kirleticiler; gübreler, pestisitler, sediment, organik madde, asitli maddeler, biyolojik kirleticiler ve mineral tuzlardır (Anonim 2012). Su kaynaklarında kirlilik sorununun başında azot ve fosfor kirliliği gelmektedir. Özellikle sularda çözünmüş halde bulunan azot bileşikleri yer altı sularındaki kirliliğin ana etmenlerinden birisidir. Çözünmüş azotun, en yaygın hali nitrat (NO_3^-) formudur. Bunun yanında amonyum (NH_4), nitrit (NO_2^-), azot oksit (N_2O) ve organik azot formunda da yer alabilmektedir. Tarımsal uygulamalarda yaygın olarak kullanılan azotlu gübreler, endüstriyel atıklar, hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atıklar; toprağın, suyun ve üretilen ürünlerin azot içeriğini arttırmaktadır. Bu artış, içme ve kullanma suları içeriğindeki nitrat ve nitrit konsantrasyonunun artmasına da neden olmaktadır (Süenal ve Erşahin 2012). He ve ark. (2022), yer altı sularında nitrat kirliliğinin dünya çapında bir çevre sorunu olduğunu ve bundan dolayı yer altı suyu kalitesinin etkin kontrolü için potansiyel kirletici kaynaklarının belirlenmesi ve ayrıştırılmasının önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Tian ve ark. (2017), tatlı su ekosistemlerinde artan azot yükünün ötrofikasyona neden olarak ekosistem üzerinde önemli değişikliklere sebep olabileceğini bildirmişlerdir. Gutiérrez ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada, kurak ve yarı kurak alanlardaki yer altı sularındaki azotun hareketinin, başka iklimsel özelliklere sahip alanlarla karşılaştırıldığında bazı önemli farkları olduğunu bildirmişlerdir. Bu farkların; denitrifikasyonun önlenmesi, nitratın ve diğer tuzların birikiminin artması, atmosferden ve buharlaşma yolu ile gelen gelen azot miktarındaki artış olduğunu ifade etmişlerdir. Jordan ve Weller (1996), içme sularında nitratın 10 mg/L'yi geçmesinin ciddi sağlık sorunlarına neden olacağını belirtmişlerdir. Majumdar ve Gupta (2000) yapmış oldukları çalışmada, içme sularında yüksek konsantrasyonlarda nitratın bulunması durumunda; methemoglobinemi, mide kanseri, guatr, hipertansiyon vb. birtakım sağlık sorunlarının ortaya çıkabileceğini ifade etmişlerdir. Ward ve ark. (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada, içme sularında bulunan yüksek miktarda nitratın, kolorektal, mesane, meme kanseri riski ve tiroid hastalıkları gibi farklı hastalıklara sebep olabileceğini bildirmişlerdir. Su kaynaklarındaki nitrat ve türevlerinin etkisi sadece bitkilere olmayıp o suyu tüketen insan ve hayvanlarda bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Polat (2007), hayvancılık işletmelerinde mevcut atık yönetimi uygulamalarının su kaynaklarına etkisinin belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu çalışmada, yüzey sularından almış olduğu numunelerde nitrat

seviyesini 62.9 ± 0.090 mg/L, fosfor seviyesini ise 3.2 ± 0.092 mg/L olarak bulmuştur. Yer altı sularında ise nitrat seviyesi 21.3 ± 0.088 mg/L ve fosfor seviyesi 0.4 ± 0.086 mg/L olarak bulunmuştur. Araştırma alanında bulunan hayvancılık işletmelerinden çıkan sıvı atıkların direkt olarak yüzey sularına boşaltılması, yer üstü ve yer altı sularında nitrat ve fosfor konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Özellikle de yağışlı günlerden sonra bu yıkanmanın etkisiyle yer üstü ve yer altı sularında nitrat ve fosfor konsantrasyonlarda artışın daha da fazla olduğu belirlenmiştir. Hayvansal atıklardan kaynaklanan kirliliği önlemek için hayvancılıkta etkin bir atık yönetimi yapılmalıdır. Petersen ve ark. (2013) yürüttükleri çalışmada, hayvan gübresinin başta metan gazı ve azot oksit olmak üzere bir sera gazı kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Hayvancılık işletmelerinde sera gazı emisyonlarının iyi planlanmış bir atık yönetimi ile azaltılabileceğini ifade etmişlerdir. Bennet ve ark. (1991) yürüttükleri araştırmada, hayvansal üretim yapılarında iyi bir atık yönetim planının, barınaktan gübrenin uygulanacağı araziye kadar olan sürecin tamamını kapsadığını belirtmişlerdir. Planın temel amacının insan sağlığını korumak, su, toprak ve havanın kirlenmesini en aza indirmeye çalışmak olduğunu ifade etmişler ve planın kapsamının, barınakta ortaya çıkan gübrenin toplanması, depolanması ve bitkisel üretim alanlarında uygun bir biçimde kullanılması olması gerektiğini bildirmişlerdir. Krapac ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada, hayvansal üretim yapılarında atık yönetim sistemleri planlanırken; uygun tasarım, konumlandırma ve boyutlandırmanın gübre yönetimi açısından önemli olduğu bildirmişlerdir. Hayvancılık işletmelerinde, atık yönetim sistemleri boyutlandırılırken, gelecekte öngörülen sürü genişliği, hayvan ırkı, rasyon, yağış ve buharlaşma gibi unsurlar dikkate alınmalıdır (Grusunmeyer ve Peterson, 1995).

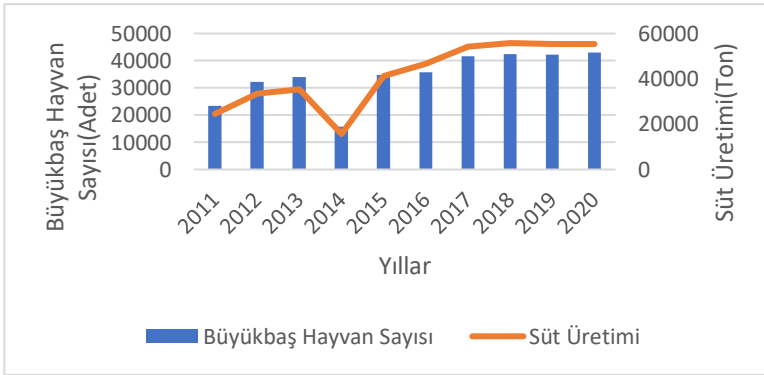
Bu çalışmada, Konya İli Cihanbeyli ilçesindeki hayvancılık işletmelerinin, araştırma alanı üzerindeki konum özelliklerinin değerlendirilmesi ve bu işletmelerin özellikle nitrat kaynaklı çevre kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma alanında 144 adet hayvancılık işletmesinde, öncelikle, anket çalışması yürütülmüştür. Yapılan bu anket çalışması ile işletmelerin genel özellikleri, mevcut durumdaki hayvancılık kapasiteleri, hayvanların doğum ve ölüm oranları, su kaynaklarına, yerleşim yerlerine, ana yola ve diğer işletmelere göre olan konumları, hayvansal ve bitkisel üretimde oluşan atıkların yönetimi yönünden durumları

meteorolojik veriler Çizelge 2.1’de verilmiştir. 2020 ve 2021 yıllarına ilişkin aylık toplam yağış ortalamaları ise Şekil 2.2’de verilmiştir.

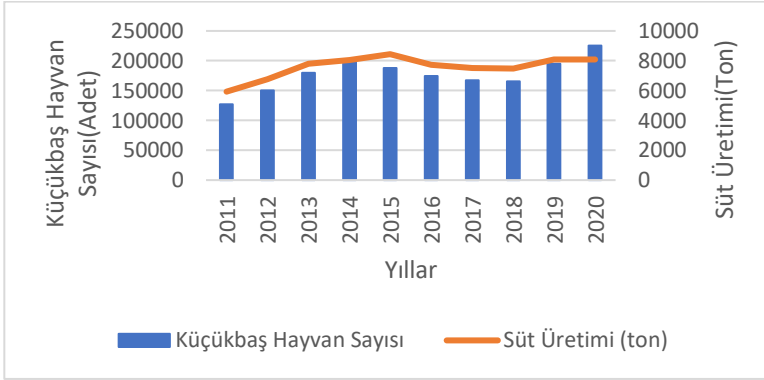


Şekil 2.2 Cihanbeyli ilçesi 2020, 2021 yıllarına ait aylık toplam yağış miktarı ortalaması ve yağışlı gün sayısı ortalaması

Cihanbeyli ilçesi 441190 da sulu araziye, 1777842 da kuru araziye toplamda 2219032 da tarım arazisine sahiptir. Bu arazilerin 986000 dekarı mera varlığı, 573673 dekarı nadas alanı, 1748831 dekarı tarla bitkileri ekim alanı, 3500 dekarı sebze ekim alanı, 47577 dekarı ise meyvecilik yapılan alanlardır (Anonim 2020b). İlçede 2020 yılı itibariyle 3706 adet büyükbaş hayvan işletmesi, 2251 adet küçükbaş hayvan işletmesi mevcuttur. (Anonim 2020b). İlçeye ait son on yıllık hayvan sayıları ve süt üretimi miktarları Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te verilmiştir.



Şekil 2.3 Cihanbeyli ilçesi son on yıldaki büyükbaş hayvan sayısı ve süt üretimi (Anonim 2020b)



Şekil 2.4 Cihanbeyli ilçesi son on yıldaki küçükbaş hayvan sayısı ve süt üretimi (Anonim 2020b)

Tablo 1. Cihanbeyli ilçesi 2021 yılına ait meteoroloji verileri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.5	3.2	4.5	11.8	18.5	18.9	24.9	24.3	18	11.8	8	1.7	12.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.4	10.9	11.4	18.7	26.9	26.3	32.3	32.3	24.8	19.4	15	6.7	19.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.2	-3.1	-1.1	5.7	10.2	12.3	17.1	16.3	11.4	5.2	2.6	-2.3	6
Aylık Yağışlı Gün Sayısı Ortalaması	7	3	12	8	5	12	1	2	5	2	7	9	73
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	21	5.4	55.8	28.4	12	30.1	2.8	17.2	14	3	22.8	63.5	276
Aylık Maksimum Yağış Miktarı (mm)	11.8	2.8	29.4	15.4	7.8	11.6	2.8	10	5.6	1.8	11.8	27.4	29.4
Aylık Maksimum Rüzgar Hızı ve Yönü (m/sn)	SSE 22.6	S 13.9	SSW 18.5	N 17.5	W 27.8	NNW 17.5	W 17.5	WNW 13.9	N 12.3	N 12.3	SW 22.1	SE 20.1	W 27.8
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.5	20.3	22.6	29.3	33.8	32.2	38.2	37.5	33.7	26.5	21.3	16.4	38.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-10.5	-13.5	-7.5	-1.3	4	6.0	12.1	11.8	4.8	-1.4	-8.3	-17.2	-17.2

2.2 Yöntem

Araştırma; hayvancılık işletmelerinin belirlenmesi, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları olacak şekilde yürütülmüştür. Bu amaçla öncelikle belirlenen kriterlere uygun işletmelerin belirlenmesi gerçekleştirilmiş daha sonra araziye çıkılarak belirlenen işletmelerde dikkate alınan anket çalışmaları yürütülmüştür. Elde edilen veriler büro çalışmalarında değerlendirmeye alınmıştır.

2.2.1 Hayvancılık işletmelerinin seçimi

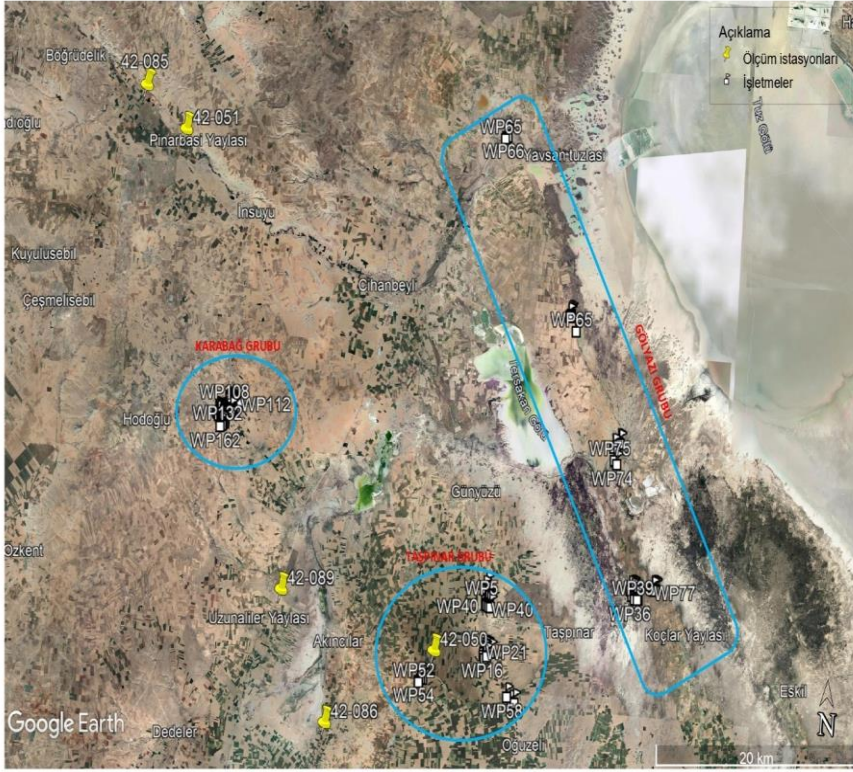
Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin seçiminde birçok değişken faktörler rol oynamaktadır. Bu değişkenler; hayvancılık işletmelerinin su kaynağına, yerleşim yerlerine, ana yola uzaklık gibi konum özellikleri, hayvancılık kapasiteleri, atık yönetimine etki eden barınak tipleri ve planlama sistemleri, topoğrafik özellikleri vb. olarak sayılabilir. Tüm bunlar göz önüne alındığında işletmelerin tez çalışmasının amacına uygun bir biçimde seçilmesi, elde edilen sonuçların doğruluğu bakımından önemlidir. Bu nedenle hayvancılık işletmelerinin seçiminde amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Hayvancılık işletmelerinin seçiminde göz önünde bulundurulacak faktörler aşağıda özetlenmiştir.

- Araştırma alanı içerisinde yer alan hayvancılık işletmeleri mümkün mertebede farklı yerlerden (mahalle) seçilmesi,
- Farklı barınak tipi ve planlama sistemleri, yetiştiriciliği yapılan hayvan ırkı, yemleme koşulları elde edilen gübrenin miktar ve özelliğinde farklılık teşkil edeceğinden işletmeler mümkün olduğunca barınak tipi ve planlama sistemi, hayvan ırkı, yemleme koşulları hususunda çeşitlilik göstermesine dikkat edilmesi,
- Hayvansal atığın yönetimi, değerlendirilmesi, bertarafı gibi faktörler,
- Kirlilik sadece atıklardan dolayı değil, yeşil yem grubunda yer alan silajın toprağa depolanması ile silaj suyunun sızmasıyla da gerçekleştiğinden silaj deposunun varlığı,
- Hayvancılık işletmelerinin su kaynaklarına, yerleşim yerlerine, ana yola olan uzaklıkları
- Hayvancılık işletmelerinin mümkün olduğunca farklı topoğrafik özellikler göstermesi

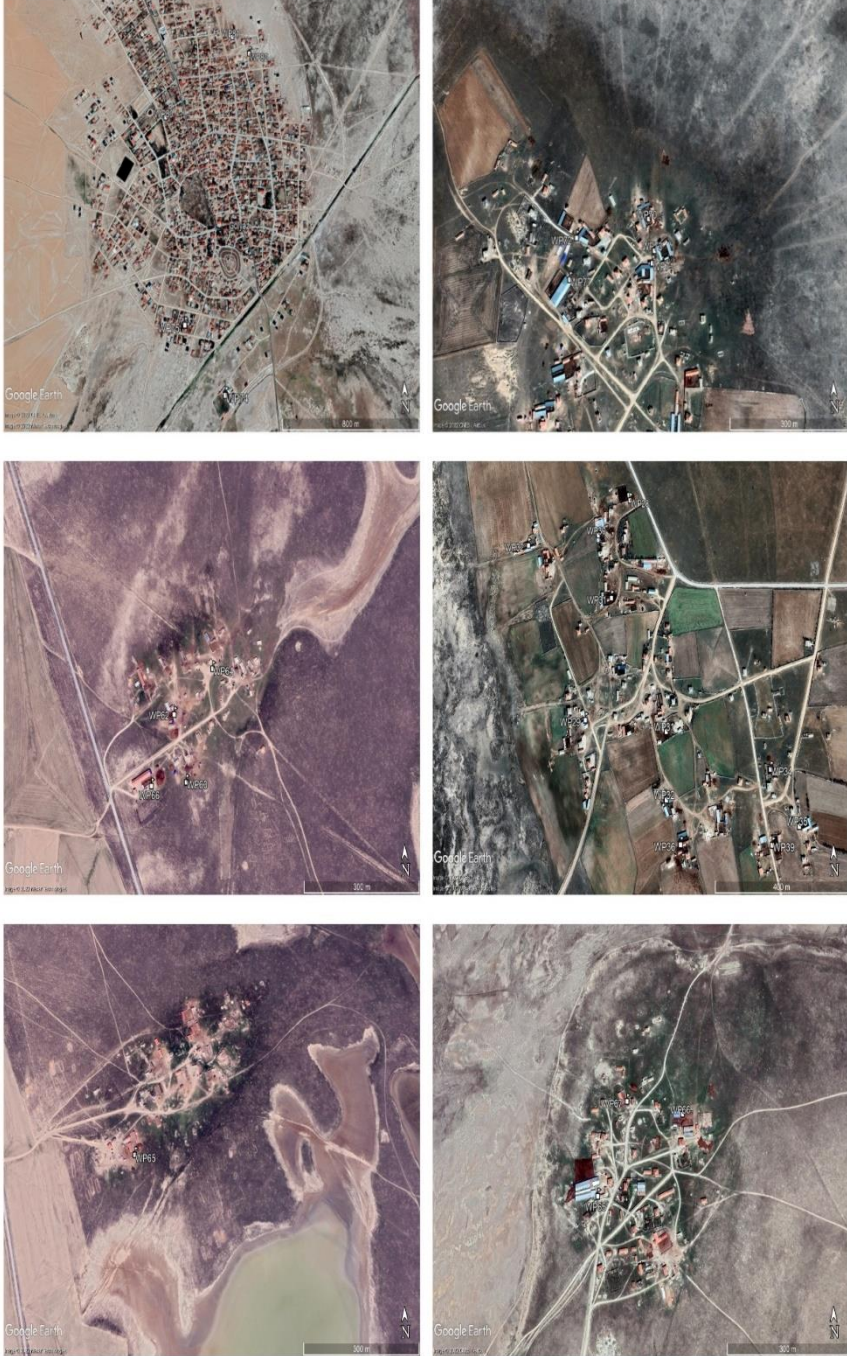
işletme seçiminde göz önüne alınan değişkenlerdir.

2.2.2 Çalışmalar

Yürütülen tez çalışmasının arazi çalışmaları safhasına başlanmadan önce, tüm hayvancılık işletmelerinden aynı tipte bilgi edinilebilmesi için 13 aşamadan oluşan bir anket formu hazırlanmıştır. Anket formunun hazırlanma esası Polat (2007) tarafından yürütülen ‘Ankara İli Büyükbaş Hayvancılık İşletmelerinde Atık Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi’ adlı çalışmada verilen esaslara göre hazırlanmıştır. Hazırlanan anketin birinci bölümünde işletmeye dair; adres, işletme sahibine ilişkin bilgiler, işletme tipi, işletme çalışan kişi sayısı ve yaş aralığı, ikinci bölümünde işletmede bulunan aileye dair eğitim durumu, aile bireylerinin üretime katkısı, üçüncü bölümde işletmenin coğrafi konumu, genişleme olanağı, arazi varlığı, ulaşım durumu, dördüncü bölümde işletmedeki hayvancılık durumu, yetiştiricilik türü, hayvan ırkı, doğum ve ölüm sayıları, satın alınan hayvan sayısı, beşinci bölümde kullanılan yem cinsi, günlük verilen yem miktarı, silaj deposu varlığı, altıncı bölümde su ve atık sulara dair bilgiler, yedinci bölümde hayvan gübresi, barınakların temizliği ve ne sıklıkta gerçekleştiği, elde edilen gübrenin nasıl değerlendirildiği, sekizinci bölümde diğer hayvansal atıkların miktarı, dokuzuncu bölümde hayvansal atıkların uzaklaştırma yöntemi, onuncu bölümde kesimhane atıklarının durumu, on birinci bölümde işletmelerin ruhsat ve izinlerinin durumu, on ikinci bölümde işletmenin bulunduğu yerde hakim rüzgar yönü, koku problemi ile ilgili bilgiler, on üçüncü bölümde arıtma tesisine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Anket çalışmasının gerçekleştirildiği her işletmede, işletmelerin alan üzerindeki dağılımları, konumları, kuruldukları arazinin özelliklerini belirlemek amacıyla GPS ile konum koordinatları kaydedilmiştir. Kaydedilen bu noktalar Google Earth Pro programı kullanılarak, haritaya işlenmiştir. Bu şekilde, işletmelerin su kaynaklarına, birbirilerine, yerleşim yerlerine göre konumları ve yakınlık durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma alanında toplam 144 işletme gezilmiştir. İşletmelerin etkilerinin daha iyi belirlenmesi açısından aynı coğrafi konumda bulunan işletmeler gruplandırılmıştır. İşletmeler Gölyazı Grubu, Karabağ grubu ve Taşpınar grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Şekil 2.5’te işletmelerin gruplandırılmış halleri ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı’na ait nitrat ölçüm kuyuları gösterilmiştir. Şekil 2.5 – 2.8 arasında ise anket çalışması yapılan işletme konumları verilmiştir.



Şekil 2.5 İşletme grupları ve kuyu konumları



Şekil 2.6 Gölyazı mahallesinde anket yapılan işletmeler



Şekil 2.7 Karabağ Mahallesinde anket yapılan işletmeler



Şekil 2.8 Taşpınar Mahallesinde anket yapılan işletmeler

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırmanın gerçekleştiği yerdeki hayvancılık işletmelerinin genel bilgileri, özellikleri, hayvancılık durumu, yem bilgisi, su kaynağı durumu, gübre yönetimi ve değerlendirmesi, diğer hayvansal atıkların durumu ile ilgili bulgular tartışılmıştır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Tarımsal Çevre ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı'ndan alınan nitrat değerleri yardımı ile mevcut işletmelerin nitrat kirliliğine etkisi göz önüne koyulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda bölgedeki işletmelerin kurulduğu alandaki arazi ve toprak sınıflarının belirlenmesinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü kaynaklarından yararlanılmıştır.

3.1 Araştırma Alanının Mekânsal Analizi

Araştırma alanında anket yapılan hayvancılık işletmeleri daha önce de belirtildiği gibi üç gruba ayrılmıştır.

Karabağ grubunda bulunan hayvancılık işletmelerinin tamamı yerleşim yeri içerisinde. Bölgede yer alan işletmelere ulaşım mahalle içerisinde bulunan yol ile sağlanmaktadır. Karabağ grubunda yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyeti sınıflandırmasına göre altıncı sınıfta yer almaktadır. Bölgenin toprak grubu ise, kırmızımsı kahverengi toprak grubudur. Bölgedeki toprak derinliği 20-50 cm arasındadır. Karabağ grubuna en yakın su kaynakları; İnsuyu Çayı ve Böllük Gölü'dür. Karabağ mahallesinin Böllük Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 13.8 km ve İnsuyu Çayına olan uzaklığı ise yaklaşık olarak 14.4 km'dir. Karabağ mahallesinin etrafında; Hodoğlu mahallesi, Sığırcık mahallesi, Kırkışla mahallesi, Uzuncayayla mahallesi yer almaktadır. Taşpınar grubunda Kavaklı yaylası, Esertepe yaylası, Çandır yaylası ve Aydınlık yaylası bulunmaktadır. Taşpınar grubunda anket çalışması yapılan işletmelerin tamamı yerleşim yeri içerisinde olup, işletmelerin ulaşımı mahalle içerisinde bulunan yol ile sağlanmaktadır.

Kavaklı yaylasında işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre üçüncü sınıf arazi grubundadır. Toprak grubu alüvyal toprak olup toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Kavaklı yaylası yakınında bulunan su kaynakları; Tersakan Gölü ve Böllük Gölüdür. Kavaklı yaylası ile Tersakan Gölü arasındaki mesafe yaklaşık olarak 10.4 km ve Böllük Gölü ile

arasındaki mesafe ise yaklaşık 13.3 km'dir. Kavaklı yaylasının çevresinde; Esertepe yaylası ve Günyüzü mahallesi bulunmaktadır.

Esertepe yaylasındaki işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyeti sınıfına göre üçüncü sınıf arazi grubunda yer almakta olup toprak grubu alüvyal topraktır ve toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Esertepe yaylasının civarında bulunan su kaynakları Tersakan ve Böllük Gölüdür. Esertepe yaylasının Tersakan Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 14.2 km, Böllük Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 15.6 km'dir. Esertepe yaylasının çevresinde Günyüzü mahallesi, Çandır yaylası ve Kavaklı yaylası mevcuttur.

Çandır yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre dördüncü sınıf arazi grubundadır. Toprak grubu alüvyal toprak olup toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Çandır yaylasına en yakın olan su kaynakları; Tersakan Gölü ve Böllük Gölüdür. Çandır yaylası ile Tersakan Gölü arasındaki uzaklık yaklaşık olarak 17.9 km ve Böllük Gölü ile arasındaki uzaklık ise yaklaşık olarak 20 km'dir. Çandır yaylasının etrafında; Esertepe Yaylası, Aydınlık yaylası ve Altınekin ilçesine bağlı Oğuzeli mahallesi bulunmaktadır.

Aydınlık yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre birinci sınıf arazi grubundadır. Toprak grubu alüvyal toprak olup toprak derinliği 90 cm'nin üzerindedir. Aydınlık yaylasına en yakın su kaynakları Tersakan Gölü ve Böllük Gölüdür. Tersakan Gölünün Aydınlık yaylasına olan uzaklığı yaklaşık olarak 19.2 km, Böllük Gölünün Aydınlık yaylasına olan uzaklığı yaklaşık olarak 13.8 km'dir. Aydınlık yaylasının civarında Çandır yaylası, Altınekin ilçesine bağlı Güvercinlik yaylası bulunmaktadır.

Gölyazı grubunda; Gölyazı mahallesi, Sağlık yaylası, Halilefendi yaylası, Karaayşe yaylası, Maşat yaylası ve Karakol yaylası yer almaktadır. Bu grupta yer alan işletmeler tamamı diğer gruplarda olduğu gibi yerleşim yeri içerisinde yer almaktadırlar. İşletmelere olan ulaşım mahalle içi yolu ile sağlanmaktadır.

Gölyazı mahallesinde yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre altıncı sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu kırmızımsı kahverengi topraklar ve toprak derinliği 20-50 cm arasındadır. Gölyazı mahallesi yakınında Tuz Gölü, Tersakan Gölü ve Acıgöl yer almaktadır. Tuz Gölüne olan uzaklık yaklaşık olarak 9 km, Tersakan gölüne

olan uzaklık yaklaşık olarak 4.5 km, Acıgöle olan uzaklık ise yaklaşık olarak 4 km'dir.

Sağlık yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre ikinci sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu kahverengi topraklar olup toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Yaylanın yakınında Tuz Gölü, Tersakan Gölü ve Köpek Gölü bulunmaktadır. Tuz Gölü ile arasında yaklaşık olarak 6.6 kilometre, Tersakan Gölü ile arasında yaklaşık olarak 14 km, Köpek Gölü ile arasında yaklaşık olarak 2.7 km mesafe vardır.

Halilefendi yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre dördüncü sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu regosoller olup toprak derinliği 50-90 cm arasında yer almaktadır. Tuz Gölü ile arasındaki mesafe yaklaşık olarak 1.3 km ve Tersakan Gölü ile arasındaki mesafe yaklaşık olarak 5.3 km'dir. Yaylanın yakınında Karaayşe yaylası yer almaktadır.

Karaayşe yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre dördüncü sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu regosoller olup toprak derinliği 50-90 cm arasında yer almaktadır. Tuz Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 1.2 km ve Tersakan Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 5.5 km'dir. Yaylanın yakınında Halilefendi yaylası yer almaktadır.

Karakol yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre üçüncü sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu alüvyal topraklardır. Toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Karakol yaylasının Tuz Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 15 km'dir. Yakınında Maşat yaylası yer almaktadır.

Maşat yaylasında yer alan işletmelerin bulunduğu araziler, arazi kullanım kabiliyet sınıfına göre altıncı sınıfta yer almaktadır. Toprak grubu regosollerdir. Toprak derinliği 50-90 cm arasındadır. Karakol yaylasının Tuz Gölüne olan uzaklığı yaklaşık olarak 14 km'dir. Yakınında Karakol yaylası ve Aksaray ili Eski ilçesine bağlı Koçlar yaylası yer almaktadır.

3.2 Araştırma Alanındaki Hayvancılık İşletmelerinin Özellikleri

Araştırma alanındaki hayvancılık işletmeleri sadece besi sığırcılığı, sadece süt sığırcılığı hem besi hem süt sığırcılığı ve hem süt sığırcılığı hem koyunculuk yapan kombine işletmeler şeklindedir. Cihanbeyli ilçesinde ankete

katılan hayvancılık işletmelerinin 133 adedi süt sığırıcılığı işletmesi, 3 adedi besi sığırıcılığı işletmesi, 5 adedi süt ve besi sığırıcılığı işletmesi ve 3 adedi süt sığırıcılığı ve koyunculuk işletmesidir. Araştırma alanında ankete katılan işletmelerin %92'sini süt sığırıcılığı işletmeleri, %2'sini besi sığırıcılığı işletmeleri, %4'ünü süt ve besi sığırıcılığı işletmeleri, %2'sini ise süt sığırıcılığı ve koyunculuk yapan işletmeler oluşturmaktadır. Anket çalışmasına katılan işletmelerde toplam 4412 büyükbaş hayvan 768 baş küçükbaş hayvan mevcuttur. Anket çalışmasının sonucunda elde edilen bulgulara göre araştırma alanında yaygın olarak büyükbaş hayvan yetiştiriciliği özellikle de süt sığırıcılığı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Araştırma alanında yaygın olarak büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu durum elde edilecek atık miktarını ve özelliğini doğrudan etkilemektedir. Önceden belirtildiği gibi işletmelerin etkilerinin daha belirgin şekilde ortaya konması amacı ile işletmeler gruplandırılmıştır. Buna göre gruplandırılan işletmelere göre büyükbaş hayvan sayısı sırası ile; Gölyazı Grubunda 1610, Karabağ grubunda 1667 ve Taşpınar grubunda 1135 baştır. Araştırma alanında ankete katılan işletmelerin %8'i 1-9 baş kapasiteye, %36'sı 10-19 baş kapasiteye, %26'sı 20-29 baş kapasiteye, %8'i 30-39 baş kapasiteye, %6'sı 40-49 baş kapasiteye, %3'ü 50-59 baş kapasiteye, %4'ü 60-69 baş kapasiteye, %4'ü 70-79 kapasiteye, %2'si 80-89 baş kapasiteye, %1'i 90-99 baş kapasiteye, %1' 100-199 baş kapasiteye ve %1'i 200-299 baş kapasiteye sahiptir. Araştırma alanında ankete katılan işletmelerin önemli bir kısmı işletmedeki hayvan sürekliliğini ve ölen yetişkin hayvanlardan oluşan açığı buzağları ile devam ettirmektedir. Ankete katılan işletmelerde toplam doğan buzağı sayısı bir batında 1317 olarak ölen buzağı sayısı ise 317 olarak belirlenmiştir. Doğan buzağların yaklaşık %19.17'sinde ölüm görülmüştür. Buradan da anlaşılabileceği üzere ölüm oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Anket yapılan işletmelerde yeni doğan hayvanların uygun olmayan koşullarda yetiştirilmesinin yüksek ölüm oranlarına neden olduğu düşünülmektedir. Şekil 3.1'de ankete katılan işletmelerde sırasıyla uygun olmayan koşullarda barındırılan buzağı barınaklarına ilişkin fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırma alanındaki işletmelerde uygun olamayan buzağı barınakları

Araştırma alanında ankete katılan işletmelerin tamamı, yerleşim yerleri içerisinde bulunmaktadır. Ailelerin konutları ile barınak genelde bir avlu içerisinde yan yana, konutların altında veya bitişik vaziyettedirler. Ankete katılan kimi işletmeler her ne kadar genişleme olanakları olduklarını belirtse de bu durum genişlemeye olanaklarını kısıtlayıcı bir faktördür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Konut ile bitişik şekilde inşa edilmiş barınak örnekleri

Araştırma alanında ankete katılan hayvancılık işletmeleri barınaktaki gübreyi farklı zamanlarda ve farklı şekillerde topladıklarını bildirmişlerdir. Ankete katılan işletmelerde gübre temizliği günlükten yıllık periyotlara kadar değişim göstermektedir. Gübre temizliği periyodunun bu kadar değişkenlik göstermesinde; işletmenin sahip olduğu hayvan sayısı, ekonomik durumu,

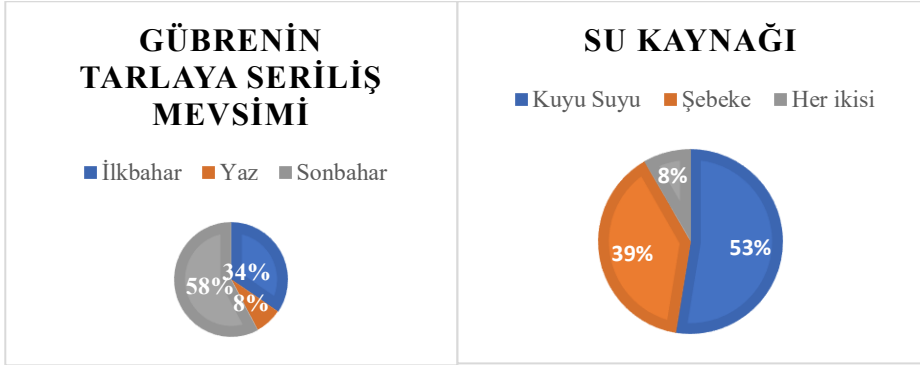
mekanizasyon ve iş gücü gibi birçok faktör etkilidir. Gübre temizliği işletmenin kapasitesi ile ilintili olarak, insan iş gücü (el arabası ve kürek kullanılarak) ile ya da traktör (sıyırıcı veya kepçe) ile yapılmaktadır. Taşpınar Mahallesi'nde toplam 44788 kg/gün, Gölyazı Mahallesi'nde 64076 kg/gün, Karabağ Mahallesi'nde 66650 kg/gün gübre toplanmaktadır. Araştırma alanında ortaya çıkan toplam gübre miktarı ise 175514 kg/gün'dür. Barınaklardan çıkan gübre için ankete katılan işletmelerin hiçbirisinde gübre depolama yapısı bulunmamaktadır. Temizlenip barınaktan çıkarılan gübre ya avlu içerisinde barınağın hemen yanında ya avlu dışarısında caddelerde kenarlara ya da bitkisel üretimin gerçekleştiği alanlara kontrolsüzce depolanmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Barınaktan çıkan gübrenin depolanması

Depolanarak bekletilen gübre, alanlara serilerek kurutulmakta, daha sonra arazi varlığına bağlı olarak tarlalarda bitkisel üretimde kullanılmaktadır. Ankete katılan işletmelerin %76'sı elde edilen gübreyi bitkisel üretimde kullandıklarını, %24'ü ise kullanmadıklarını bildirmişlerdir. Gübreyi bitkisel üretim için kullanmayan işletmeler kullanmama sebepleri olarak bitkisel üretim yapmadıklarını, tarlası bulunanlar ise tarlalarının uzak olması nedeniyle gübrelerini kullanmadıklarını, bir kısmı ise sattıklarını bildirmişlerdir. Araştırma alanında yürütülen çalışma sonrasında, ankete katılan hayvancılık işletmelerinin %58'i gübreyi tarlalarına sonbahar mevsiminde, %34'ü ilkbahar mevsiminde, %8'i ise yaz mevsiminde sermektedir. Görüldüğü üzere işletmelerin çoğu İç Anadolu Bölgesi'nin çoğunlukla yağış aldığı ilkbahar ve

sonbahar mevsimlerinde gübrelerini tarlaya sermektedir (Şekil 3.4(a)). Bu durum, yer altı sularında kirlilik riskini arttırmaktadır.



Şekil 3.4 (a) Elde edilen gübrenin tarlaya seriliş mevsimi **(b)** işletmelerin su ihtiyaçlarını temin ettikleri su kaynağı

Araştırma alanında gübre, yakıt olarak da kullanılmaktadır. Araştırma alanındaki hayvancılık işletmelerinin %68'i elde edilen gübreyi yakıt olarak da kullandığını, %32'si ise kullanmadığını bildirmişlerdir.

Araştırma alanı içerisinde yer alan işletmelerde hayvansal atıkların sıvı kısmı içinde özel bir önlem söz konusu değildir. Gübreden sızan veya barınaktan çıkan sıvı atıklar etraftaki yüzey ve yer altı sularına karışmakta, sızmadığı yerlerde ise göllenmektedir. Bu durum çevrede koku ve sinek problemi oluşturmaktadır. İçme kullanma suyu için kuyu suyu kullanan işletmelerde sıvı atıkların öylece toprağa sızması sağlık koşulları bakımından sorun teşkil etmekte ve bir tehlike oluşturmaktadır. Araştırma alanında ankete katılan işletmelerde su kaynağı durumu Şekil 3.4(b)'de verilmiştir.

Araştırma alanındaki işletmelerin; %53'ü konut ve barınaklarda içme ve kullanma suyu olarak kuyu suyu, %39'u şebeke suyu, %8'i ise her ikisini de kullanmaktadır. İçme ve kullanma suyu olarak kuyu suyunun yüksek oranlarda kullanılması ve gübre ile silaj yeminin uygun olmayan şartlarda depolanması sebebiyle sağlık açısından risk faktörünü arttırmaktadır.

Araştırma alanında ankete katılan işletmelerde, günlük ortalama olarak süt hayvanları için 12-20 kg arası yem, besi hayvanlarında ise 18-25 kg arası yem verildiği bildirilmiştir. Araştırma alanındaki işletmelerde genel olarak verilen yemler ise şöyledir; saman, yonca, silaj, arpa, pancar küspesi, kepek, yulaf, mısır ezmesi, süt yemi, besi yemi. Çok az işletmede havuç, tritikale,

pamuk tohumu küspesi, ayçiçeği tohumu küspesi, düve yemi mevcuttur. Küçükbaş hayvancılık yapan işletmelerde ortalama 7-8 kg yem verildiği beyan edilmiştir. Büyükbaş hayvanlara verilen yemlere ilave olarak küçükbaş hayvanlara toklu yemi, kuzu büyütme yemi de verildiği ifade edilmiştir.

Hayvancılık işletmelerinden çıkan atıklar ve silaj gibi ürünlerin depolanması esnasında oluşan sızıntılar su kirliliğine sebep olmaktadır (Özek,1994; Ongley,1996). Araştırma alanındaki hayvancılık işletmelerinin neredeyse hiçbirisinde silaj deposu yoktur. Silaj yemi, köy kooperatifleri tarafından tarlada biçilip, balyalanıp, işletmeler istediklerinde işletmelere götürülmektedir. Bazı hayvancılık işletmelerinde ise hayvan barınaklarının yakınına, yere açılan bir çukura traktör veya başka bir araçla basılarak depolanmaktadır. Bu şekilde depolanan silaj yemi, aynı gübrede olduğu gibi yer altı sularına sızarak, içme ve kullanma suyu olarak kuyu suyu kullanan işletmeler için kirlilik riski oluşturmaktadır. Bir kısım işletme ise silaj yemini satın alarak yine aynı şekilde balyalı bir halde kullanmakta, bir kısmı ise silaj yemi hiç kullanmamaktadır. Araştırma alanında yapılan çalışma sonrası incelenen işletmelerin silaj depolama şekilleri; %33 yere basım, %32 satın alma, %17 kooperatif depolaması, %16 silaj kullanmayan işletme ve %2'lik kısmı ise silaj deposunda saklama şeklinde belirlenmiştir. Görüldüğü gibi araştırma alanındaki işletmelerin çoğunda silaj depolanması, işletme yakınında açıkta saklama şeklinde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.5 Toprağa basılarak depolanmış silaj

Araştırma alanındaki hayvancılık işletmelerinde ölen hayvanlar, gömülerek, konut ve barınaktan uzakta açığa bırakılarak veya köpeğe verilerek bertaraf edildiği bildirilmiştir.

Ankete katılan hayvancılık işletmelerinin %43'ü ölen hayvanları köpeğe verdiklerini, %35'i gömdüklerini, %20'si açığa atıldığını bildirmişlerdir. %2'si ise işletmede ölü hayvan olmadığını ifade etmişlerdir. Bölgede gübrenin ve diğer atıkların depolama koşullarına bağlı olarak haşere sorunu vardır. Ankete katılan hayvancılık işletmelerinin %67'si etraftaki haşere sorununu kötü, %30'u çok kötü ve %3'ü ise dayanılmaz olarak bildirmişlerdir.

3.3 Araştırma Alanında Ölçülen Nitrat Seviyesinin Değerlendirilmesi

Çalışmanın yürütüldüğü Cihanbeyli ilçesinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yer altı sularındaki nitrat seviyesini takip etmek için 5 adet kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların konumları Şekil 2.5'te verilmiştir. Kuyularda 2020 ve 2021 yıllarında ölçülen yıllık ortalama nitrat değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Cihanbeyli ilçesine ait 2020 ve 2021 yılı nitrat ortalama değerleri

İstasyon	2020 Yılı Nitrat Ortalama Değeri (mg/Lt)	2021 Yılı Nitrat Ortalama Değeri (mg/Lt)
42-050 KONYA Cihanbeyli Taşpınar Aydınlık Yüksel Kara Kuyu	9.23	6.69
42-051 KONYA Cihanbeyli Pınarbaşı Beyhan Tuncer Kuyu	37.39	15.82
42-089 KONYA Cihanbeyli-Ağabeyli (Akıncılar Girişi)	9.44	16.31
42-085 KONYA Cihanbeyli Böğrüdelik Girişi	37.79	10.64
42-086 KONYA Altınekin-Cihanbeyli Taşpınar Yolu (Köşe)	35.94	7.91

Cihanbeyli ilçesine ait 2020 ve 2021 yılı nitrat ortalama değerleri incelendiğinde 2020 yılında hemen her kuyudan ölçülen ortalama nitrat değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. İşletmelerin çoğunda gübre sonbahar ve ilk bahar aylarında serilmektedir. İç Anadolu Bölgesi en az yağışları yaz ve sonbahar mevsimlerinde alırken, en fazla yağışları ise ilkbahar ve kış mevsiminde almaktadır (Kızılelma ve ark. 2015). 2020 yılında Ocak ayında 24.3 mm, Şubat ayında 21.6 mm, Mart ayında 41.2 mm, Nisan 36.4 mm, Mayıs ayında 27.3 mm ve Aralık ayında 39.3 mm toplamda ise 190.1 mm yağış düşmüştür. 2021 yılında ise Ocak ayında 21 mm, Şubat ayında 5.4 mm, Mart ayında 55.8 Nisan ayında 28.4 mm, Mayıs ayında 12 mm ve Aralık ayında 63.5 mm toplamda ise 186.1 mm yağış düşmüştür. Bu iki yıla bakıldığında bazı dönemlerde 2021 yılında daha fazla yağış gerçekleşse de bahse konu olan dönemlerde 2020 yılında daha fazla miktarda yağış düştüğü görülmektedir. Polat (2007) tarafından da belirtildiği gibi gübrenin yağışlara maruz kalması yer altı suyuna karışacak nitrat konsantrasyonunu da artırmaktadır.

Tablo 2'ye bakıldığında 2020 yılı için en yüksek değerler sırası ile 42-051 ve 42-085 numaralı kuyularda görülmektedir. 2021 yılı için de benzer bir durum görülmektedir. Şekil 2.5'te görüleceği gibi bahsi geçen kuyular İnsuyu Çayı yakınında yer almaktadır. Bu bölgede sulu tarımın da fazlaca yapılmasıyla bitkisel üretim için kullanılan kimyasal gübre ve pestisitlerden kaynaklanan nitrat bileşenleri vb. kirleticiler yüzey akışı ve derine sızma ile yer altı sularına karışmaktadır. Aynı zamanda kuyuların yakınında hayvansal üretim yapan işletmeler bulunmaktadır. Bu durumun kuyulardaki nitrat konsantrasyonlarının artışına bir etmen olacağı kanısına varılmıştır.

Cihanbeyli ilçesine ait 2020 ve 2021 yılı nitrat ortalama değerleri incelendiğinde her iki yılda da en düşük konsantrasyon değerleri 42-050 no'lu kuyuda elde edilmiştir. 42-050 no'lu kuyu Şekil 2.5'te görüldüğü gibi Taşpınar Grubu içinde yer almaktadır. 2020 yılı nitrat konsantrasyonların 2021 yılına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni önceki kısımda belirtildiği gibi meydana gelen toplam yağışların 2020 yılında daha yüksek olması olarak düşünülmektedir. Nitrat konsantrasyonlarının diğer kuyulardan daha düşük oluşu ise Taşpınar Grubunun diğer gruplara göre daha az işletme sayısı ve büyükbaş hayvana sahip olması olarak yorumlanabilir. Günlük gübre miktarı en az Taşpınar Grubundadır. Bununla beraber diğer gruplara kıyasla daha fazla sulu tarım yapılan alan Taşpınar Grubudur.

Tablo 2 incelendiğinde 2020 yılında en yüksek nitrat konsantrasyonlarından biri 42-086 no'lu kuyuda elde edilmiştir. Özellikle mevsimsel yağışlarının artması ile akış havzasında yer alan kuyuya gerek yüzey gerek yer altı suyu taşınımının fazla olması sonucunda bu durumun meydana geldiği söylenilebilir.

42-089 no'lu kuyu incelendiğinde diğer kuyulardan farklı bir durum görülmektedir. Araştırma alanı içindeki tüm kuyularda nitrat konsantrasyonları 2020 yılında daha yüksek olarak ölçülmüşken 42-089 no'lu kuyuda bu durum tam tersi olarak gerçekleşmiştir. 42-089 numaralı kuyunun aynı zamanda yerleşim yerine yakınlığından dolayı evsel ve işletmelerden kaynaklı atıkların sızıntısı 2021 yılında gerçekleşen artışa etki etmiş olabilir.

4. SONUÇ

Araştırmada Konya İli Cihanbeyli ilçesindeki 144 hayvancılık işletmesi incelenmiştir. Araştırmada hayvancılık işletmelerinin mekânsal analizi ve çevre kirliliği potansiyelinin belirlenmesi ve işletmelerin çevreye olan zararlarını en az düzeye indirebilmek için alınabilecek önlemlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu amaçla Konya İli Cihanbeyli ilçesindeki hayvancılık verileri ve hayvancılık işletmelerinin alandaki dağılımları gerek arazi çalışması gerekse T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan verilerle belirlenmiştir. Çalışmada, özellikle alandaki hayvancılık işletmelerinin kapasiteleri, su kaynaklarına, yerleşim yerlerine ve bitkisel üretim alanlarına olan uzaklıkları göz önüne alınmıştır. Anket yapılan işletmelerin %43'ü ölen hayvanlarını köpeğe verdiklerini, %35'i gömdüklerini, %20'si de açığa attıklarını bildirmişlerdir. Bu veriler doğrultusunda ölen hayvanların bertarafı çevresel kirlilik açısından bir sorun oluşturacağı öngörülmektedir. Önceki kısımda belirtildiği gibi yeni doğan hayvanların ölüm sayılarının azaltılması öngörülen sorun için bir önlem olabilir. Aynı zamanda ölen hayvanların uygun koşullarda gömülmesi meydana gelecek çevresel kirliliğin önlenmesi açısından son derece önemlidir.

Ankete katılan işletmelerin büyük çoğunluğunda haşere sorunundan bahsedilmiştir. Özellikle ölü hayvanların bertaraf edilmesi ve etkili bir atık yönetimi sistemi sayesinde bu sorun büyük ölçüde ortadan kaldırılabilir.

İşletmelerin %33'lük bir kısmında silaj depolama şekli olarak yere basım tercih edilmiştir. Bilindiği gibi uygun olmayan koşullarda silaj yeminin depolanması hem yem kalitesinin düşmesine hem de çevresel kirliliğe neden olmaktadır.

Ülkemizde Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği 23.07.2016 tarihli ve 29779 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Bu Yönetmeliğin amacı, tarımsal kaynaklı nitratin suda neden olduğu kirlenmenin tespit edilmesi, azaltılması ve önlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmeliğin uygulanması için, İyi tarım uygulamaları kodu, 23.07.2016 tarihli ve 29779 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği'nin 7. maddesi gereğince hazırlanmış olup, 11.02.2017 tarihli ve 29976 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin 6. maddesine göre 50 mg/L'den fazla nitrat içeren ve önlem alınmadığı takdirde, belirlenen sınır değerinde nitrat içerebilecek tüm yer üstü ve yer altı suları ile tarımsal kaynaklı kirlilikten dolayı ötrofik olduğu belirlenen ve gerekli tedbirler alınmazsa ötrofik hale gelebilecek tabii tatlı su göllerini, diğer tatlı su kaynaklarını, haliçleri ve kıyı sularını etkileyen bölgeler, Nitrata Hassas Bölge (NHB) olarak belirlenir (Anonim 2017).

Ankete katılan işletmelerin tamamında herhangi bir atık yönetim sistemi mevcut değildir. Barınaklardan çıkan gübre ve diğer hayvansal atıklar barınakların kenarında, hane avlusu içerisinde bir köşede veya işletme çevresindeki boş alanlarda biriktirilmektedir. Ankete katılan işletmelerin büyük bir çoğunluğu 10 ila 20 yıl arasında faaliyetlerini sürdürmektedirler. Hayvansal ve bitkisel üretim açısından gerekli tecrübe ve bilgiye sahip uzun süreli işletmelerdir. Ancak özellikle hayvansal atık yönetimi konusunda gerekli çalışmaların yapılması gerek işletmelerin sürdürülebilirliği gerekse çevreye verilen zararın azaltılması açısından olumlu olacaktır.

Araştırma alanı çevresindeki kuyulardan alınan veriler incelendiğinde yönetmelikte belirlenen sınırların altında olduğu görülmektedir. Ancak özellikle yağışların artmasıyla yer altı suyu nitrat konsantrasyonlarının da arttığı görülmektedir. Bunun temel nedeni hayvansal atıkların açıkta depolanması olabilir. Bu nedenle sürdürülebilirliğin devamı açısından gerekli önlemlerin alınması olumlu bir yaklaşım olacaktır.

Hayvansal atıkların barınak içerisinde dış ortama sızdırılmadan gübre depolama yapılarına iletilmesi uygun bir atık yönetiminin ilk aşamasıdır. Bu nedenle özellikle barınak tabanının sızdırmaz malzeme ile kaplanması önemlidir. Depolama yapılarının mevcut atık hacmini karşılayabilir nitelikte ve yine sızdırmaz malzemeler ile inşa edilmiş olması gerekir. Bu açıdan bakıldığında hayvancılık işletmelerinin kapasitesi ne olursa olsun İyi Tarım Uygulamaları Kodunda belirtilen yapısal şartlara uyulması çevrenin korunması açısından oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu amaçla tez çalışmasının sonucunda hayvancılık işletmeleri için uygun bir atık yönetimi modeli önerilmiştir (Ek 1).

İşletmelerin yarıdan fazlası su kaynağı olarak kuyu suyu kullanmaktadır. Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı yer altı suyu belirli düzeylerde kirlilik parametreleri içerebilir. Bu suyun sürekli kullanımı içinde eser miktarda bulunan kirleticilerin bile biyolojik birikimle insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerinde olumsuz etkilerin görülmesine neden olabilir. Bu nedenle yukarıda belirtilen kirletici etmenlerine karşı önlem alınması gerekmektedir.

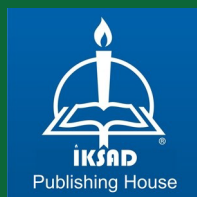
Ülkemizdeki yönetmeliğe göre Cihanbeyli ilçesinde yapılan ölçümlerde ortalama değerler bakımından 50 mg/L'den fazla nitrat içeren bir kuyu bulunmamaktadır. Ancak ortalama değerler tek tek ele alındığında, aylık değerlerin, sularda kabul edilebilir nitrat konsantrasyonu olan 50 mg/L'nin üzerine çıktığı dönemlerin de olabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle araştırmanın yapıldığı alanda öncelikli olarak hayvancılık işletmelerinin İyi Tarım Uygulamaları Koduna uygun olarak faaliyet göstermeleri için teşvik edilmeleri ve desteklenmeleri gerekir.

5. KAYNAKÇA

- Anonim. 2012. OECD: Water quality and agriculture: meeting the policy challenge. Key Messages and Executive Summary. OECD studies on water. 2012
- Anonim. 2017. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, İyi Tarım Uygulamaları Kodu.
- Anonim. 2018. Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planı, Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.
- Anonim. 2019. Cihanbeyli İlçe Raporu, Mevlana Kalkınma Ajansı.
- Anonim. 2020a. T.C. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2020 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu.
- Anonim. 2020b. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tarım İstatistikleri (İlçe Bazında Özetlenmiş) 2011-2020.
- Anonim. 2022a. UN. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs and Population Division, Working Paper No ESA/P/WP. 241
- Anonim. 2022b. Web Sitesi: <https://www.mfa.gov.tr>. Erişim Tarihi: 24.04.2022
- Anonim. 2022c. Web Sitesi: <http://www.konya.gov.tr>. Erişim Tarihi: 25.04.2022
- Anonim. 2022d. Web Sitesi: <https://www.cihanbeyli.gov.tr>. Erişim Tarihi: 25.04.2022
- Bennet, M., Fulhage, C., Osburn, D. 1991. Waste Management Systems for Dairy Herds. University of Missouri Columbia. Extension.
- Bernhardt, E., S., Palmer, M., A., Allan, J., D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G., M., Lake, P., S., Lave, R., Meyer, J., L., O'Donnell, J., L., Pagano, L., Powell, B., Sudduth, E. 2005. Synthesizing U.S. River Restoration Efforts. Science, 308(5722), 636-637.
- Dijkstra, J., Bannink, A., Bosma P., M., Lantinga, E., A., Reijs, J., W. 2018. Modeling The Effect ff Nutritional Strategies for Dairy Cows on the

- Composition of Excreta Nitrogen. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 2, 63.
- Grusunmeyer, D., Peterson, B. 1995. Manure Management Guideline for Western Washington. Coop. Ext. Washington State Univ., Pullman.
- Gutiérrez, M., Biagioni, N., R., Alarcón-Herrera, M., T., Rivas-Lucero, B., A. 2018. An Overview of Nitrate Sources and Operating Processes in Arid and Semiarid Aquifer Systems. *Science of the Total Environment*, 624; 1513-1522.
- He, S., Li, P., Su, F., Wang, D., Ren, X. 2022. Identification and apportionment of shallow groundwater nitrate pollution in Weining Plain, northwest China, using hydrochemical indices, nitrate stable isotopes, and the new Bayesian stable isotope mixing model (MixSIAR). *Environmental Pollution*, 298 (7); 118852.
- Jordan, T., E., Weller, D., E. 1996. Human Contributions to Terrestrial Nitrogen Flux: Assessing the sources and fates of anthropogenic fixed nitrogen. *BioScience*, 46(9); 655–664.
- Keller, A. A., Chen, X., Fox, J., Fulda, M., Dorsey, R., Seapy, B., Glenday, J., Bray, E. 2014. Attenuation Coefficients for Water Quality Trading. *Environmental Science and Technology*, 48(12), 6788–6794.
- Kızılelma, Y., Çelik, M., A., Karabulut, M. 2015. İç Anadolu Bölgesinde Sıcaklık ve Yağış Trend Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 1-10.
- Kourakos, G., Klein, F., Cortis, A., Harter, T. 2012. A groundwater nonpoint source pollution modeling framework to evaluate long-term dynamics of pollutant exceedance probabilities in wells and other discharge locations. *Water Resources Research*, 48(6).
- Krapac, I., G., Dey, W., S., Roy, W., R., Smyth, C., A., Storment, E., Sargent, S., L., Steele, J., D. 2002. Impacts of swine manure pits on groundwater quality. *Environmental Pollution*, 120, 475-492.
- Liu, Z.J., Lu, J.H., Fang, H., 2009. Types, characteristics, sources of non-point source pollution and its control technology. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 15, 67–69.
- Majumdar, D., Gupta, N. 2000. Nitrate Pollution of Groundwater and Associated Human Health Disorders. *Indian Journal of Environmental Health*, 42(1), 28-39.

- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S., M., Turrall, H. 2018. Global Drivers of Water Pollution From Agriculture. Chapter 2 In More People, More Food, Worse Water? A Global Review of Water Pollution from Agriculture. Edited by Mateo-Sagasta J, Marjani S, Turrall H. Rome: FAO and IWMI.
- Ongley, E., D., 1996. Control of Water Pollution From Agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55, Roma.
- Özek, E., 1994. Tarımdan Kaynaklanan Çevre Kirlenmesi ve Simülasyon Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Petersen, S., O., Blanchard, M., Chadwick, D., Del Prado, A., Edouard, N., Mosquera, J., Sommer, S., G. 2013 Manure Management for Greenhouse Gas Mitigation. *Animal*, 7(2); 266-282.
- Polat, H.E., 2007. Ankara İli Büyükbaş Hayvancılık İşletmelerinde Atık Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sünal, S., Erşahin, S. 2012. Türkiye’de tarımsal kaynaklı yer altı suyu nitrat kirliliği. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(2); 116-118.
- Tian, W., Zhang, H., Zhao, L., Zhang, F., Huang, F. 2017. Phytoplankton Diversity Effects on Community Biomass and Stability along Nutrient Gradients in a Eutrophic Lake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 95.
- Tüzemen, N. 2018. Türkiye’de Besi ve Et Üretiminde İhracat Potansiyeli. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 4(2); 5-14.
- Vural, H. ve Fidan, H. 2007. Türkiye’de Hayvansal Üretim ve Hayvancılık İşletmelerinin Özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2); 49- 59.
- Wang, Y., Liang, J., Yang, J., Ma, X., Li, X., Wu, J., Yang, G., Ren, G., Feng, Y. 2019. Analysis of the environmental behavior of farmers for non-point source pollution control and management: An integration of the theory of planned behavior and the protection motivation theory. *Journal of Environmental Management*, 237, 15-29.
- Ward, M., H., Jones, R., R., Brender, J., D., de Kok, T., M., Weyer, P., J., Nolan, B., T., Villanueva, C., M., van Breda, S., G. 2018. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1-31.



ISBN: 978-625-378-308-2